

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. E. v. Boguslawski

**Der Einfluß einer gestaffelten Stickstoff-
Stadiendüngung auf die N-Einlagerung in die
Weizenpflanze und auf die technologischen
Eigenschaften des Weizenkornes**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Ursula Jürgens
geboren in Kassel

Gießen 1971



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545932_0030

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. E. v. Boguslawski

**Der Einfluß einer gestaffelten Stickstoff-
Stadiendüngung auf die N-Einlagerung in die
Weizenpflanze und auf die technologischen
Eigenschaften des Weizenkornes**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Ursula Jürgens
geboren in Kassel

Gießen 1971



Dekan: Professor Dr. R. Waßmuth

1. Berichterstatter: Professor Dr. W. Jahn-Deesbach
2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Linser

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Mai 1971

MEINEN ELTERN
IN DANKBARKEIT GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
I. Einleitung und Literaturüberblick	7
II. Problemstellung und Untersuchungsmethodik	17
III. Ergebnisse	20
<u>A Gefäßversuch 1966</u>	20
1. Versuchsplan und Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials	20
2. Untersuchungsergebnisse	22
a) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Ertragsmorphologie	22
aa) Anzahl der Halme und Ähren	22
ab) Beährung	24
ac) Anzahl der Einzelpflanzenkategorien	25
ad) Kornertrag	27
ae) Einzelährenerträge	31
af) Kornzahl je Ähre	35
ag) Tausend-Korn-Gewicht	35
ah) Kornsortierung	39
ai) Stroherträge	39
b) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die N-Gehalte und N-Entzüge	39
ba) N-Gehalte im Korn	39
bb) N-Gehalte im Stroh	44
bc) N-Entzug	48
bd) ¹⁵ N-Untersuchungen	48
3. Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Er- gebnisse	64

B Gefäßversuch 1967

1. Versuchsplan und Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials	72
2. Untersuchungsergebnisse	74
a) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Ertragsmorphologie	74
aa) Anzahl der Halme und Ähren	74
ab) Anzahl der Einzelpflanzenkategorien	77
ac) Kornertrag	80
ad) Einzelährenerträge	86
ae) Kornzahl je Ähre	88
af) Tausend-Korn-Gewicht	89
b) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die N-Gehalte, ^{15}N -Anteile sowie die N-Entzüge	90
ba) N-Gehalte im Korn	90
bb) N-Entzug	92
bc) ^{15}N -Anteile	95
c) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Vermahlungseigenschaften und Mahlfractionen	98
ca) Mehlausbeuten	101
cb) Rohproteingehalt in den einzelnen Mahlfractionen	104
cc) Rohproteingehalt im Bohrmehl	109
cd) ^{15}N % von Gesamt-N in den einzelnen Mahlfractionen	111
d) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Proteinfractionen im Weizenkorn und in den einzelnen Mahlfractionen	115

	<u>Seite</u>
da) Proteinfraktionen im Ganzkorn	116
db) ^{15}N % von Gesamt-N in den Proteinfraktionen des Ganzkornes	120
dc) Proteinfraktionen in den Mahlfractionen	120
dd) ^{15}N % von Gesamt-N in den Proteinfraktionen der Mahlfractionen	124
3. Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergeb- nisse	129
<u>C Feldversuch 1968</u>	139
1. Versuchsplan	139
2. Untersuchungsergebnisse	140
a) Der Einfluß einer gestaffelten N-Spätdüngung auf Korn- größe und Kornstruktur	140
aa) Tausend-Korn-Gewicht	140
ab) Glasigkeit	142
b) Der Einfluß einer gestaffelten N-Spätdüngung auf den Rohproteingehalt	143
ba) in mehligen, marmorierten und glasigen Körnern	143
bb) im Ganzkorn	146
bc) im Backmehl 550	150
bd) im Sedimentationsmehl	150
be) im Bohrmehl	151
c) Mikroskopische Untersuchungen	152
3. Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Er- gebnisse	158
IV. Zusammenfassung	163
Literaturverzeichnis	168

I. EINLEITUNG UND LITERATURÜBERBLICK

Auf dem deutschen Weizenmarkt kann unter dem zunehmenden Konkurrenzdruck nur noch eine gute Qualität den Absatz sichern. Darüberhinaus werden durch sich ständig ändernde Verzehrsgewohnheiten in bezug auf die Brotsorten und Gebäckarten höhere Qualitätsanforderungen an den Weizen und das daraus gewonnene Mehl gestellt.

Nach SEIBEL (1969) hat der Brotverbrauch in den letzten 15 Jahren um fast ein Drittel abgenommen und wird auch in der Zukunft eher weiter abnehmen als eine Steigerung erfahren. Innerhalb der verschiedenen Brotsorten ist während der letzten 10 Jahre eine deutliche Verschiebung vom Roggen- zum Weizenbrot eingetreten. Beim Weizengebäck konnte aus arbeitswirtschaftlichen Gründen - die Verteilung der Brötchen in den frühen Morgenstunden wird finanziell und personell immer schwieriger - ein eindeutiger Trend vom Brötchen zum Weizengroßbrot, vor allem dem Toastbrot, beobachtet werden. Das Toastbrot aber, das eine bedeutend längere Frischhaltung haben muß, setzt ein Weizenmehl mit einem höheren Eiweißgehalt voraus. Eine solche Verbesserung des Weizenmehles kann erreicht werden entweder bei einem gleichen Mischungsverhältnis, das Standardweizenmehl wurde bisher aus 70 % bis 80 % deutschen Weizen und 20 bis 30 % ausländischen Weizen hergestellt, über einen verbesserten deutschen Weizen oder zum Nachteil des Absatzes deutschen Weizens über eine Erhöhung des Anteils ausländischen Weizens. Noch erstrebenswerter erscheint es, einen Weizen anzubauen, der keine Aufmischung benötigt oder sogar selbst als Aufmischweizen gelten kann.

Aus der Literatur geht ganz klar hervor, daß besonders das Eiweiß hinsichtlich seiner Menge und Qualität, das heißt seiner Zusammensetzung, als das Kernstück der für die Weizenqualität und Mehilverarbeitung wichtigen Faktoren angesehen wird. Es ist daher verständlich, daß sich alle Maßnahmen zur Steigerung der Weizenqualität, seien es Züchtungsarbeiten, Düngungsversu-

che oder auch Untersuchungen des Standortes, auf die Beeinflussung der Eiweißmenge und -eigenschaften konzentrieren. Dagegen wird weitgehend vernachlässigt, in welcher Beziehung die Stärkekomponekte und die sie beeinflussenden Faktoren zur Weizenqualität stehen.

An dieser Stelle möchte ich auf eine Abhandlung von MAY (1970) hinweisen, die eine umfassende Definition des Begriffs der Weizenqualität beinhaltet.

Auch in der vorliegenden Arbeit steht die Eiweißkomponente in ihrer Beeinflussung durch eine gestaffelte N-Düngung auf die Proteineinlagerung und -zusammensetzung im Ganzkorn und in den einzelnen Mahlfractionen im Vordergrund.

Wie wichtig neben der richtigen Sortenwahl eine ausreichende Stickstoffdüngung für die Produktion von Qualitätsweizen ist, kann aus einer Veröffentlichung von JAHN-DEESBACH und MAY (1969) entnommen werden. Keine der dort geprüften acht Winterweizensorten, auch nicht die als sogen. Qualitätsweizen angesehenen, erreichen ohne eine Stickstoffdüngung auf Qualität, d. h. Stickstoffdüngung zum Zeitpunkt des Ährenschiebens, im Kleinbackversuch eine sehr gute Eigenbackfähigkeit mit der Volumenausbeute von mehr als 620 ml. Demgegenüber überschreiten selbst die als Massenweizen eingestuftten Sorten mit einer N-Spätdüngung in Höhe von 50 kg/ha N diesen Qualitätsgrenzwert. Also kann auch ein sogenannter Qualitätsweizen erst mit einer ausreichenden Stickstoff-Spätdüngung zu einem echten Qualitätsweizen werden.

LINSER (1960) hatte schon früher eine Anpassung des Angebotes an Stickstoff aus der Düngung an den Wachstumsverlauf der Pflanzen befürwortet und empfiehlt eine Dreiteilung der N-Düngung, und zwar 1/4 im zeitigen Frühjahr, 2/4 zum Schossen und 1/4 zum Ährenschieben.

Als erster wies WAGNER (1900) bereits zur Jahrhundertwende auf die Notwendigkeit einer reichlichen, in mehreren Teilgaben verabreichten Stickstoffdüngung hin, allerdings mit dem Hauptziel der Vermeidung von Lagergefahr.

DAVIDSON und Le CLERC (1923) stellten schon früh eine sehr günstige Wirkung später Stickstoffgaben auf den Proteingehalt fest. Von SELKE (1938, 1941, 1956, 1959) stammt der Ausdruck einer "zusätzlichen späten" N-Düngung. Er fand trotz Anwendung nur geringer Stickstoff-Gesamt mengen in Höhe von 80 kg/ha N für Winterweizen bei nur schwachen Steigerungen der Korn-erträge eine beachtliche Anreicherung des Proteins in den Körnern.

Nachdem während der Kriegsjahre die Probleme der Qualitätsweizenproduktion in den Hintergrund getreten waren, waren es nach dem Krieg u. a. besonders LINSER (1954, 1958, 1960), KOPETZ (1951), PRIMOST (1956, 1960), HOESER (1956), die sich wieder in langjährigen Feldversuchen der Frage zuwandten, welche Ertragssteigerungen und Qualitätsverbesserungen von Backweizen in Abhängigkeit von in mehreren Teilgaben verabreichten Stickstoff-Düngermengen erreicht werden können. LINSER (1958 u. 1960) untersuchte zugleich die Rentabilität von verschiedenen N-Düngermengen und bezeichnet etwa 160 kg/ha N, aufgeteilt in 3 Gaben, als das wirtschaftliche Optimum. Er erzielte in neunjährigen Versuchen mit der genannten N-Menge sowohl einen höheren Ertrag, einen höheren Nettogewinn wie auch ohne zusätzliche Kosten eine verbesserte Backqualität.

Welche immer größer werdende Bedeutung die Erzeugung von Qualitätsweizen in den letzten Jahren gewonnen hat, geht auch aus der Vielzahl von Untersuchungen über den Einfluß der Höhe und Verteilung der Stickstoffdüngung auf die Qualität des Weizens, vor allem des Backweizens, hervor. Aus der Vielzahl der Veröffentlichungen seien nur einige genannt: ABERHAM (1961), AMBERGER (1966), ANONYM (1969), AUFLAMMER (1959 u. 1968), BELGER (1965), BOEKHOLT, KÜR TEN, u. SEIBEL (1962), BOEKHOLT (1963), v. BOGUSLAWSKI (1965), BOLLING, SPRINGER u. ZWINGELBERG (1965), BUZIMOW u. AGARKOWA (1968), DAVIDSON u. Le CLERC (1923), FAJERSON (1961), FISCHBECK u. REINER (1969), GÜNZEL (1962, 1963, 1964 u. 1968), GÖRLITZ, KORIATH, RINNO u. SPECHT (1967), HANNA (1967), HUPPERT (1969), JAHN-DEESBACH (1967), JAHN-DEESBACH u. WEIPERT (1965, 1966

u. 1967), JAHN-DEESBACH u. MAY (1969), JÜRGENS-GSCHWIND (1963), MARTIN (1968), MAY (1970), PFAFF (1966), PRIMOST (1964 u. 1968), PRIMOST u. RITTMAYER (1962), ROHRLICH u. NERST (1960), SCHÄFER (1962), SEIBEL (1969), SELKE (1964), SELKE u. GÖRLITZ (1962), STEIGER, PRIMOST u. RITTMAYER (1963), STURM u. FINK (1964), WEIPERT (1964). Alle diese Veröffentlichungen bestätigen, wie wichtig eine ausreichende Versorgung der Weizenpflanzen während aller Entwicklungsphasen ist und welche Bedeutung das Stickstoffangebot während der Kornausbildungsphase für den Qualitätsaufbau hat. Zum Beispiel erreichte AUFHAMMER (1968) mit einer Stickstoff-Spätgabe von 100 kg/ha N bei Winterweizen im Schnitt aller Sorten eine Kornproteingehaltserhöhung um absolut 4,7 % auf über 15 % Rohprotein und bei Sommerweizen eine solche von durchschnittlich 3,1 % auch auf über 15 % Rohprotein. Eine Steigerung des Proteingehaltes in den Bereich der Importqualitätsweizen kann nach den Erfahrungen von GÜNZEL (1968) erreicht werden, wenn die Stickstoffgabe zu einem Zeitpunkt erfolgt, in welcher das vegetative Wachstum praktisch als abgeschlossen gelten kann, also nach dem Ährenschieben etwa zur Zeit der Blüte. Auch SCHEFFER und LORENZ (1968) beobachteten eine stärkere Rohproteingehaltszunahme, wenn der spätgedüngte Stickstoff zur Zeit der Blüte verabreicht wurde im Vergleich zur N-Düngung während des Ährenschiebens. Versuche in Niederbayern, in Schleswig-Holstein und in Nordrhein-Westfalen, ANONYM (1969), zeigen, daß sich die bisher weitgehend in Kleinversuchen ermittelten Qualitätssteigerungen von Backweizen auch in die praktische Wirklichkeit übertragen lassen. So konnten zum Beispiel in Niederbayern von einer rund 90 ha großen Fläche (25 + 31 + 33 ha) insgesamt nahezu 450 Tonnen gesunder, lagerfreier Weizenpartien von der gleichen Sorte mit einem Rohproteingehalt von 14 % geerntet werden.

Eine noch größere Bedeutung als dem Rohproteingehalt im Ganzkorn kommt dem Rohproteingehalt im Mehl zu, denn es sind ja nicht die Körner, die zu Brot oder Gebäck verbacken werden, sondern das Mehl.

In der Literatur liegen bisher nur einige wenige Arbeiten vor, die sich mit den Stickstoffgehalten in einzelnen Fraktionen des Kornes beschäftigen. Als erste wäre eine Untersuchung von COBB (1905) zu nennen. Er versuchte Weizenkörner durch sorgfältiges Schaben von Hand in fünf konzentrische Zonen aufzutrennen und bestimmte in den so gewonnenen Mehlen den Klebergehalt, der von den äußeren zu den inneren Zonen wie folgt abnahm: 16,5 - 13,9 - 9,5 - 8,6 - 7,4 % Kleber. CARR (1938) untersuchte die Methode der Abtrennung der Schale vom Korn, um die für die Müllerei wichtigen Mengenverhältnisse von Schale und Endosperm feststellen zu können. MORRIS, ALEXANDER und PASCOE (1945 u. 1946) führten eine Kornfraktionierung durch Ausbohren und Ausschaben aus und verglichen die Rohproteinwerte in den aufgetrennten Fraktionen mit denen in experimentell auf einer Bühler-Versuchsmühle ermahlenen Mehlen. Obwohl die gefundenen Rohproteinwerte in den von Hand isolierten Fraktionen und in den entsprechenden Mehlen keine großen Unterschiede aufweisen, schließen genannte Autoren die Möglichkeit der Gegenwart von kleinsten Schalen- und Keimbruchstücken in den Mehlen nicht aus. Auch HINTON (1947) bediente sich der mechanischen Auftrennung des Kornes, bestimmte anschließend die Stickstoffgehalte in den einzelnen Fraktionen und fand einen sich von innen nach außen erhöhenden Eiweißgehalt. Gleiche Beobachtungen machten BOOTH und SHETLAR (1954); genannte Autoren fanden folgende Proteingehalte in Prozent

im Endosperm innen	7,9
" außen	16,0
in der Aleuronschicht	24,0 bis 38,0
in der Samenschale	14,0 - 23,0
im Keim	26,0.

STEVENS, DERMOTT und PACE (1963) isolierten das Endospermprotein und Aleuronzellinhalte mit Hilfe der "air classification" und mehrerer Zentrifugationen und stellten die Aminosäuremuster des Ausgangsmehles mit denen im isolierten Endospermeiweiß und Aleuronzellinhalt gegenüber.

SCHÄFER (1963) fand für die Umrechnung vom Eiweißgehalt im Korn auf den Eiweißgehalt im Mehl für Sommerweizen einen Umrechnungsfaktor von 0,88 und für Winterweizen einen solchen von 0,86. Nach MAES (1963) sind diese Umrechnungsfaktoren lediglich geeignet, um den Mehleiweißgehalt großer Serien (Erntejahre, Handelsmuster, Import), die, wenn sie genügend groß sind, den statistischen Regeln unterworfen sind, aus dem Korneiweißgehalt zu ermitteln. Dagegen sind sie für die Berechnungen einzelner Muster vollkommen ungeeignet, da sie zu irreführenden Schlüssen Anlaß geben können. Allen obengenannten Untersuchungen lagen Weizenproben ohne jegliche Angabe von Stickstoff-Düngermengen zugrunde.

EL GINDY, LAMB und BURRELL (1957) beobachteten bei ihren Untersuchungen des Einflusses der Düngung auf die Proteinverteilung im Weizenkorn, im Mehl und in den Mehlfraktionen, und zwar im Kleber, in der Stärke und in der wasserlöslichen Fraktion, bei steigender Stickstoff-Düngung im Ganzkorn einen erhöhten Proteingehalt und im Mehl eine größere Klebermenge pro 100 g.

Der Einfluß einer gesteigerten Stickstoff-Spätgabe auf die Verteilung des Ganzkornrohproteins auf die Mahlprodukte wurde auch von MAY (1970) untersucht. Danach geht der Rohproteingehalt des Mehles mit geringen Abweichungen bei einigen Sommerweizensorten dem Ganzkornrohproteingehalt parallel. Der Rohproteinverlust bei der Vermahlung, der sich aus der Differenz zwischen dem Ganzkornrohproteingehalt und dem Mehlorohproteingehalt ergibt, wird mit steigender Stickstoff-Spätdüngung geringer. Die Rohproteingehalte in den Schrot- und Grießkleien steigen bei allen untersuchten Winter- und Sommerweizensorten, bedingt durch die N-Spätdüngung, sehr deutlich an. Anteilmäßig nimmt das im Mehl gefundene Rohprotein vom Rohprotein des Ganzkornes in Abhängigkeit von der N-Spätdüngung zu, während die Rohproteinanteile in der Schrot- und Grießkleie mit kleinen Sortenunterschieden deutlich abfallen. Auch VÖLKER (1960) beobachtete unter dem Einfluß einer zusätzlichen N-Spätdüngung einen größeren prozentualen Anstieg

des Rohproteingehaltes im Mehl im Vergleich zum Gesamtkorn und schließt daraus auf eine stärkere Eiweißanreicherung in den inneren Schichten des Kornes.

Ebenso wie die Eiweißmenge ist die Eiweißqualität für einen Qualitätsweizen von größter Bedeutung.

Aus der Vielzahl der in der Literatur vorhandenen Arbeiten über dieses Problem sollen hier nur einige wichtige herausgegriffen werden.

OSBORNE (1907) führte die ersten systematischen Untersuchungen über das Klebereiweiß durch und unterschied die Eiweißkomponenten des Weizens nach ihrer verschiedenen Löslichkeit in Albumin, Globulin, Proteosen, Gliadin und Glutenin.

MAES (1962 u. 1963) kommt in seinen ausführlichen Untersuchungen des Weizeneiweißes - er führte die Methode der "progressiven Extraktion" mit Hilfe von Säulen ein - zu dem Ergebnis: je höher der Rohproteingehalt im Weizenkorn bzw. -mehl ist, desto höher ist die propanol-lösliche Fraktion. Er vermeidet in seinen Versuchen, die Benennungen Gliadin und Glutenin, da sie seiner Meinung nach nicht mit den in Wirklichkeit erhaltenen Fraktionen übereinstimmen und zu stark von den Extraktionsbedingungen abhängig sind. MAES benennt die Fraktionen daher streng nach ihrer Löslichkeit.

MICHAEL, FAUST u. BLUME (1960) und MICHAEL u. FAUST (1961) stellten neben einer durch erhöhte N-Düngung bevorzugten Gliadinsynthese in Zeiternten fest, daß das Gliadin später gebildet wird als das Glutenin. Das geht aus dem sich verändernden Verhältnis Gliadin:Glutenin während des Verlaufs der Kornbildung hervor. Dieses Verhältnis verschiebt sich zugunsten des Gliadins von 0,28 (8 Tage nach der Blüte) über alle Zwischenstufen bis auf 1,5 im reifen Korn. MICHAEL et al. führten jedoch keine Backversuche durch und konnten daher keine Beziehungen zwischen dem sich verändernden Gliadin:Gluteninverhältnis und dem Backergebnis feststellen.

Auch aus der Arbeit von BILINSKI und Mc. CONNELL (1958) ist zu entneh-

men, daß das Gliadin später gebildet wird als das Glutenin. Genannte Autoren behandelten Weizenpflanzen während der Kornbildungsphase mit ^{14}C -Acetat und bestimmten in den Proteinfractionen der reifen Körner die Radioaktivität. Dabei fiel das Gliadin durch die höchste Aktivität auf, gefolgt von Glutenin, Globulin und Albumin. Je später die Behandlung mit ^{14}C erfolgte, desto größere Differenzen zugunsten des Gliadins traten auf.

JAHN-DEESBACH und WEIPERT (1967) beobachteten infolge steigender und zeitlich gestaffelter Stickstoffgaben eine Vermehrung aller N- bzw. Proteinfractionen, die in den meisten Fällen bei der alkohollöslichen Fraktion am stärksten war.

Auch EWALD (1965) und EWALD und WENZEL (1967) stellten in Gefäßversuchen fest, daß die durch späte zusätzliche N-Düngung steigende Rohproteinmenge im Korn bei allen geprüften Sorten vorwiegend in Form der beiden Klebereiweiße gespeichert wurden, und zwar konnte beim Prolamin ein Anstieg bis auf das Vierfache und beim Glutenin auf das Dreifache beobachtet werden. Beziehungen zwischen den Proteinfractionen und dem Backergebnis waren in diesen Versuchen allerdings nicht zu erkennen.

BODO (1961) trennte das Weizeneiweiß nach einem schrittweisen Elutionsverfahren und fand, daß bei der durch N-Düngung hervorgerufenen Steigerung des Eiweißgehaltes die Produktion von Gliadin bevorzugt wird. Auch die Glutenine erscheinen manchmal etwas angereichert, während die Globuline und der Anteil der Albumine etwas zurückgehen. Die als Folge der N-Düngung beobachteten Unterschiede in der Aminosäurezusammensetzung der Weizenkornproteine lassen sich qualitativ durch die Anreicherung des Gliadinanteiles erklären. VÖLKER (1962) kommt zu dem Ergebnis, daß bei einem Ansteigen des Rohproteingehaltes, bedingt durch den Einfluß einer späten zusätzlichen N-Düngung, in erster Linie die an Lysin arme und Glutaminsäure reiche Eiweißfraktion Prolamin im Getreideeiweiß zunimmt.

Bei seinen Vergleichen der Aminosäurezusammensetzung des Gesamtkorn-

eiweißes und des Mehleiweißes ergeben sich folgende Zusammenhänge: sämtliche Aminosäuren, deren Anteile am Rohprotein des Gesamtkornes eine negative Korrelation zu dessen Gesamt-N-Gehalt aufweisen, haben niedrigere Anteile am Rohprotein des Mehles im Vergleich zu ihren Anteilen am Eiweiß des entsprechenden Ganzkornes, d. h., daß z. B. der Lysin-gehalt im Eiweiß des Mehlkörpers niedriger liegt als im Eiweiß des entsprechenden Gesamtkornes. Demgegenüber finden sich im Mehleiweiß Glutaminsäure, Phenylalanin und Leucin in höheren Mengen.

Im Gegensatz zu LINSER (1960) und JAHN-DEESBACH u. WEIPERT (1967), die die Verbesserung der Backqualität mit einem Ansteigen des Anteiles an Gliadin und Glutenin in Verbindung bringen, fand GÜNZEL (1962) keine Beziehungen zwischen dem Backergebnis und der Höhe der einzelnen Eiweißfraktionen. Bei Erhöhung des Gesamt-N-Gehaltes durch N-Spätdüngung konnte eine bevorzugte Zunahme der Gliadin-N-Fraktion beobachtet werden. Die Standortbedingte Zunahme des Stickstoffgehaltes ist aber offenbar nicht mit einer verstärkten Erhöhung des Gliadinanteiles verbunden, sondern tendiert eher zur Vermehrung der Glutenin-N-Fraktion.

Interessant ist die Feststellung von GÜNZEL (1964), daß sich bei der Anreicherung des Mehlproteins durch zusätzliche N-Düngung erhebliche Sortenunterschiede erkennen ließen. Und zwar brachten diejenigen Sorten die höchste N-Ausnutzung, die eine besondere Fähigkeit haben, viel Gliadin zu bilden, während Sorten mit geringer Gliadinbildung im Rohprotein und Klebergehalt relativ stark zurückblieben. Auch SCHUPHAN (1963) betont neben dem Einfluß von Klima und Witterung eine große Sortenabhängigkeit in bezug auf die Rohproteinbildung in Menge und Qualität.

Der von SCHWARZE (1967) beobachtete Rückgang des Eiweißgehaltes vom Ganzkorn zum Mehl betrifft in der absoluten Höhe alle vier Proteinfractionen, aber bezogen auf das Gesamteiweiß nehmen die beiden Klebereiweiße Gliadin und Glutenin zu, und die Albumin- und Globulinfraktionen gehen zurück.

Aus den Untersuchungen von MAY (1970) geht hervor, daß der Einfluß der Stickstoffspätdüngung auf die Eiweißzusammensetzung des Winter- und Sommerweizen-Ganzkornes bzw. -mehles aus einem relativ sehr starken Ansteigen der Gliadinfraktion bei gleichzeitig relativ geringerem Ansteigen aller anderen Eiweißfraktionen zu erkennen ist. Außerdem wird aus den Untersuchungen von MAY deutlich, welche große Bedeutung die Menge der Prolaminfraktion auf die Höhe des Sedimentationswertes und auf das Backergebnis hat. PRUGAR und SASEK (1968 u. 1969) halten dagegen den höheren Gehalt an Gluteninen für ein Merkmal der Weizensorten mit besseren technologischen Eigenschaften, können aber ihre Behauptung nicht durch Bestimmung von Sedimentationswerten oder Backversuchen belegen.

II. PROBLEMSTELLUNG UND UNTERSUCHUNGSMETHODIK

Nachdem aus den vorgenannten Arbeiten eine eindeutig positive Wirkung von N-Spätgaben auf die Rohproteingehalte von Weizenkörnern zu entnehmen ist, bisher jedoch nur pauschale Untersuchungen über die Wirkung des Stickstoffs aus zeitlich gestaffelten Gaben im Gesamtstroh einerseits und in der Gesamtkornmasse andererseits vorliegen, dagegen aber der Ertragsaufbau bzw. die einzelnen Ertragskomponenten, insbesondere der Anteil von Haupthalmen und von ährentragenden und ährenlosen Nebenhalmern nicht nur für den Ertrag, sondern auch für die Qualität des Erntegutes entscheidend sein können, ist es Ziel der vorliegenden Arbeit, eine genauere Analyse der Stickstoffeinlagerung in die einzelnen Teile der Weizenpflanze vorzunehmen. Dabei sollte einmal vor allem die N-Einlagerung im Stroh und in den Körnern der Nebenhalm im Vergleich zu denen der Haupthalme untersucht werden. Im Gegensatz zu den in der Literatur (MICHAEL 1961) bisher vorliegenden Ergebnissen der Wirkung später N-Gaben bei einheitlicher N-Versorgung aus den vorhergehenden Gaben wird hier die Wirkung jeder einzelnen N-Gabe (mit Hilfe von mit ^{15}N markierten 2. bzw. 3. N-Gaben) bei jeweils unterschiedlichem N-Versorgungsgrad der Pflanze (durch variierte Höhe der N-Gaben zu den zeitlich davorliegenden Düngungsterminen) verfolgt. Denn eine unterschiedliche N-Versorgung der Weizenpflanze während des Jugendwachstums läßt ja eine unterschiedliche Auswirkung später N-Gaben erwarten.

Zum anderen sollte an Hand von speziellen Untersuchungen der Einfluß der N-Düngung auf Veränderungen der müllereitechnologischen Eigenschaften sowie auf die N-Verteilung in den Mahlfraktionen und weiterhin in den Proteinfraaktionen des Ganzkornes und der Mahlfraktionen geklärt werden, dies auch unter Berücksichtigung der Frage, inwieweit die Beeinflussung der Kornmerkmale durch eine unterschiedliche N-Spätdüngung bei allen Körnern einheitlich ist.

Zur Bearbeitung des zuerst genannten Problems stand Untersuchungsmaterial aus zwei Gefäßversuchsreihen zur Verfügung. Es wurde eine Ertragsanalyse durchgeführt, wobei die Beährung, Anzahl der Einzelpflanzenkategorien - aufgetrennt nach der Anzahl von Nebenhalm - , Kornertrag, Einzelährenertrag, Kornzahl je Ähre, Tausendkorngewicht (TKG), Kornsortierung und Strohertrag bei den Haupt- und Nebenhalm einzeln bestimmt wurden.

Die N-Analysen im Stroh und Korn der Haupt- und Nebenhalm erfolgten nach der Kjeldahl-Methode, und die ^{15}N -Anteile am Gesamt-N wurden mit Hilfe eines Massenspektrometers ermittelt.

Zur Klärung des Einflusses der N-Düngung auf Veränderungen der müllereitechnologischen Eigenschaften und die N-Einlagerung in die einzelnen Mahlprodukte wurden in Zusammenarbeit mit der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung in Detmold ein Kleinmahlversuch durchgeführt und anschließend in allen Mahlfraktionen der Gesamtstickstoff bestimmt und eine Analyse der Proteinfractionen vorgenommen.

Die Frage nach der Einheitlichkeit der Beeinflussung der Kornmerkmale durch eine unterschiedliche N-Düngung wurde anhand von 8 Winterweizensorten aus einem Feldversuch bearbeitet. Dazu wurde das TKG durch Auszählen und Wiegen von 3×100 Körnern bestimmt. Zur Feststellung des Anteils der glasigen, marmorierten und mehligten Körner wurden je 200 Körner mit einem scharfen, kleinen Messer in der Kornmitte durchgeschnitten und nach dem Augenschein in die eben genannten Fraktionen unterschieden. Eine Gegenüberstellung des Anteils der glasigen bzw. mehligten Körner mit dem Rohproteingehalt der entsprechenden Kornprobe sollte zeigen, ob es möglich ist, eine Qualitätseinstufung nach der Glasigkeit vorzunehmen.

Um Aussagen machen zu können über die N-Einlagerung in die einzelnen Kornschichten, wurden neben dem Ganzkorn auch das Backmehl 550, das Sedimentationsmehl und das Bohrmehl untersucht. Dieses Bohrmehl wurde gewonnen, indem jeweils die beiden Enden der Körner entfernt und anschlie-

ßend mit einem Bohrer (0,8 mm) beiderseits der Furche das Endosperm ausgebohrt wurden. Infolge der sehr geringen Probenmengen, die für die folgenden N-Bestimmungen zur Verfügung standen, mußte anstelle der Titrations-Methode der N-Nachweis mit Hilfe von Neßler's Reagenz festgestellt werden. Die Einwaage betrug dabei 20 mg. Zunächst wurde ein Mikro-aufschluß nach Kjeldahl durchgeführt, dann aber das durch NaOH ausgetriebene NH_3 in destilliertem Wasser aufgegangen. Da nur sehr geringe NH_3 -Mengen zu erwarten waren, bestand keine Gefahr, daß NH_3 ungelöst aus dem Wasser entweichen würde. Im Wasser wurde anschließend das NH_3 nach einer halbstündigen Reaktion mit Neßler's Reagenz colorimetrisch bestimmt. Die Extinktion wurde in einer 1 cm-Küvette bei der Wellenlänge 550 u gemessen. Nach dem Aufstellen einer Eichreihe konnte der der gemessenen Extinktion entsprechende Rohproteingehalt ermittelt werden.

III. ERGEBNISSE

A. Gefäßversuch 1966

1. Versuchsplan und Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials

Zur Bearbeitung der vorstehend genannten Fragen wurde eine Sandkultur-Gefäßversuchsreihe (Mitscherlich-Gefäße der Größe I, gefüllt mit 6,5 kg Quarzsand) mit der Sommerweizensorte OPAL (30 Pflanzen pro Gefäß) bei 4facher und teilweise 6facher Wiederholung der Einzelvarianten durchgeführt.

Die Grunddüngung betrug je Gefäß: 3 g CaCO_3 ; 0,5 g MgCO_3 ; 0,75 g K_2O als KCl ; 0,75 g K_2O als K_2SO_4 ; 1 g P_2O_5 als $\text{CaHPO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$, alle in fester Form bei Ansetzen der Gefäße, außerdem 10 mg Fe; 1 mg B; 5 mg Cu; 10 mg Mn; 5 mg Zn in Form von Lösungen (Fe von den übrigen getrennt).

Die Wasserversorgung der Gefäße wurde bei 80 % der Wasserkapazität gehalten.

Die Stickstoffdüngung wurde in Form von $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ -Lösung verabreicht, und zwar zu den für die Ertragsbildung und die Qualität der Körner entscheidenden Terminen

1. bei Aussaat bzw. Vegetationsbeginn,
2. bei Schoßbeginn,
3. beim Ährenschieben.

Dabei wurde die Stickstoffversorgung der Pflanze durch 2 Stickstoffstufen (0,4 und 0,8 g N/Gefäß) bei der 1. N-Gabe, 3 Stickstoffstufen (0; 0,4 und 0,8 g N/Gefäß) bei der 2. N-Gabe und 3 Stickstoffstufen (0; 0,4 und 0,8 g N/Gefäß) bei der 3. N-Gabe variiert, so daß die 2. bzw. 3. N-Gaben jeweils auf sehr unterschiedlichen 1. bzw. 1. und 2. N-Gaben aufbauten. Die 2. und 3. N-Gaben wurden nach folgendem Plan mit ^{15}N markiert (markierte N-Gaben unterstrichen):

Variante				Variante			
I	0,4	0,0	0,0	X	0,8	0,0	0,0
II	0,4	0,0	<u>0,4</u>	XI	0,8	0,0	<u>0,4</u>
III	0,4	0,0	<u>0,8</u>	XII	0,8	0,0	<u>0,8</u>
IV	0,4	<u>0,4</u>	0,0	XIII	0,8	<u>0,4</u>	0,0
Va	0,4	<u>0,4</u>	0,4	XIVa	0,8	<u>0,4</u>	0,4
Vb	0,4	0,4	<u>0,4</u>	XIVb	0,8	0,4	<u>0,4</u>
VIa	0,4	<u>0,4</u>	0,8	XVa	0,8	<u>0,4</u>	0,8
VIIb	0,4	0,4	<u>0,8</u>	XVb	0,8	0,4	<u>0,8</u>
VII	0,4	<u>0,8</u>	0,0	XVI	0,8	<u>0,8</u>	0,0
VIIIa	0,4	<u>0,8</u>	0,4	XVIIa	0,8	<u>0,8</u>	0,4
VIIIb	0,4	0,8	<u>0,4</u>	XVIIb	0,8	0,8	<u>0,4</u>
IXa	0,4	<u>0,8</u>	0,8	XVIIIa	0,8	<u>0,8</u>	0,8
IXb	0,4	0,8	<u>0,8</u>	XVIIIb	0,8	0,8	<u>0,8</u>

Die Pflanzen wurden bei Vollreife geerntet und zunächst in folgende Einzelpflanzenkategorien aufgeteilt:

- A Pflanzen mit Haupthalm ohne Nebenhalm,
- B Pflanzen mit Haupthalm und ährenlosem Nebenhalm
- C Pflanzen mit Haupthalm und 1 ährentragenden Nebenhalm,
- D Pflanzen mit Haupthalm und 2 ährentragenden Nebenhalmern,
- E Pflanzen mit Haupthalm und mehr als 2 ährentragenden Nebenhalmern.

Innerhalb jeder dieser Kategorien erfolgte die Aufteilung der Einzelpflanzen in Korn und Stroh des Haupthalmes und soweit vorhanden zusätzlich in Korn und Stroh des ersten, des zweiten usw. Nebenthalmes.

An den Gesamtpflanzen bzw. an den einzelnen Komponenten wurde ermittelt: Halmzahl, Ährenzahl, Korn- und Strohertrag pro Gefäß, Anzahl der Pflanzen der Kategorien A bis E, Korn- und Strohertrag der Haupthalme einerseits und der Nebenthalmes andererseits, und zwar für die Gesamternte eines Gefäßes wie auch innerhalb der einzelnen Kategorien, weiterhin die N-Gehalte, die N-Aufnahmen und die ¹⁵N-Anteile in allen Einzelkomponenten.

2. Untersuchungsergebnisse

a) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Ertragsmorphologie

aa) Anzahl der Halme und Ähren

Die Ergebnisse sind in Tab. 1 und Darst. 1 wiedergegeben. Dabei ist - wie bei allen folgenden Tabellen und Darstellungen - bei der Angabe der Varianten insofern eine Vereinfachung vorgenommen worden, als die Höhe der N-Gaben nicht mit 0,0 ; 0,4 ; 0,8 g, sondern nur mit 0/4/8 angegeben wird; die N-Variante 4/0/8 in der Tabelle bedeutet 0,4 g N als 1. Gabe; 0,0 g N als 2. Gabe und 0,8 g N als 3. Gabe - und diese letztere markiert mit ¹⁵N.

Tab. 1: Halm- und Ährenzahl pro Gefäß in Abhängigkeit von zeitlich gestaffelten, unterschiedlich hohen N-Gaben.

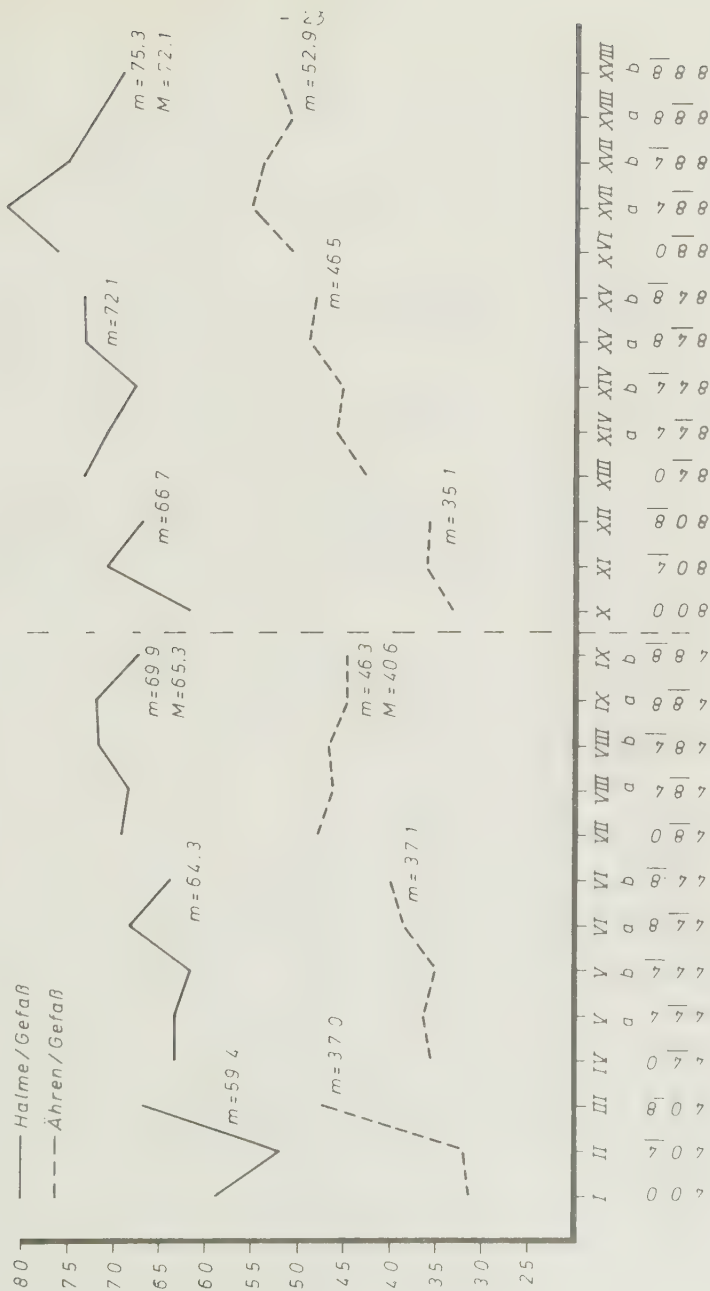
Halmzahl/Gefäß

M ₁	4/0-8/0-8 = 65,3	M	8/0-8/0-8 = 72,1
m ₁	4/0/0-8 = 59,4	m ₁	8/0/0-8 = 66,7
	4/4/0-8 = 64,3		8/4/0-8 = 72,1
	4/8/0-8 = 69,9		8/8/0-8 = 75,3
m ₂	4/0-8/0 = 64,0	m ₂	8/0-8/0 = 70,7
	4/0-8/4 = 63,5		8/0-8/4 = 73,6
	4/0-8/8 = 68,0		8/0-8/8 = 71,3

Ährenzahl/Gefäß

M ₁	4/0-8/0-8 = 40,6	M	8/0-8/0-8 = 46,3
m	4/0/0-8 = 37,0	m	8/0/0-8 = 35,1
	4/4/0-8 = 37,1		8/4/0-8 = 46,5
	4/8/0-8 = 46,3		8/8/0-8 = 52,9
m	4/0-8/0 = 38,4	m	8/0-8/0 = 42,4
	4/0-8/4 = 39,4		8/0-8/4 = 47,5
	4/0-8/8 = 43,2		8/0-8/8 = 47,5

Darst 1 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Zahl der Halme und Ähren



Die Anzahl der Halme pro Gefäß (analog dazu pro Pflanze) ist bei hoher 1. N-Gabe (0,8 g N) mit im Mittel aller entsprechenden Varianten von $M = 72,1$ deutlich höher als bei niedriger Anfangsgabe (0,4 g N) von $M = 65,3$.

Steigende 2. N-Gaben bedingen ebenfalls eine Erhöhung der Halmzahl, und zwar sowohl bei niedriger als auch bei erhöhter 1. N-Gabe. Steigende 3. N-Gaben führen zumindest in der Tendenz ebenfalls zu etwas erhöhten Halmzahlen; bei den Varianten mit hohen 1. und 2. N-Gaben ergibt sich bei ebenfalls hohen 3. N-Gaben die Tendenz zu Depressionen.

Die Anzahl der Ähren pro Gefäß (und analog dazu pro Pflanze) liegt bei hoher 1. N-Gabe ebenfalls deutlich höher als bei niedriger 1. N-Gabe, und auch steigende 2. N-Gaben führen in jedem Falle zu einer Erhöhung der Ährenzahl. Steigende 3. N-Gaben lassen ebenfalls noch eine Tendenz zur Erhöhung der Ährenzahl erkennen - bei niedriger 1. N-Gabe nur durch eine hohe 3. N-Gabe, bei hoher 1. N-Gabe sowohl durch die niedrigere als auch die hohe 3. N-Gabe.

ab) Beährung (Ährenzahl / Halmzahl)

Bei erhöhter bzw. steigender N-Gabe ist die Ährenzahl allgemein etwas stärker erhöht als die Halmzahl. Das gilt am wenigsten für die erste Gabe, in etwas stärkerem Maße aber für die 2. und 3. N-Gaben, wobei diese positive Wirkung der 2. und 3. N-Gaben deutlich stärker ist bei höherer 1. N-Gabe als bei niedriger 1. N-Gabe. Eine niedrige 1. N-Gabe führt also nicht nur zu absolut niedrigeren Halm- und Ährenzahlen; auch die positive Beeinflussung der Beährung durch erhöhte 2. und 3. N-Gaben kommt bei niedriger 1. N-Gabe nicht so gut zum Tragen wie bei einer erhöhten 1. N-Gabe (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Beährung in Abhängigkeit von zeitlich gestaffelten, unterschiedlich hohen N-Gaben

M 4/0-8/0-8 = 62 %	M 8/0-8/0-8 = 64 %
m 4/0/0-8 = 62 %	m 8/0/0-8 = 53 %
m 4/4/0-8 = 58 %	m 8/4/0-8 = 64 %
m 4/8/0-8 = 66 %	m 8/8/0-8 = 70 %
m 4/0-8/0 = 60 %	m 8/0-8/0 = 60 %
m 4/0-8/4 = 62 %	m 8/0-8/4 = 65 %
m 4/0-8/8 = 64 %	m 8/0-8/8 = 67 %

Am geringsten (53 %) ist die Beährung bei erhöhter 1. N-Gabe und fehlender bzw. mangelnder 2. und 3. N-Gabe, am höchsten (70 %) bei erhöhter 1. mit nachfolgend erhöhter 2. N-Gabe.

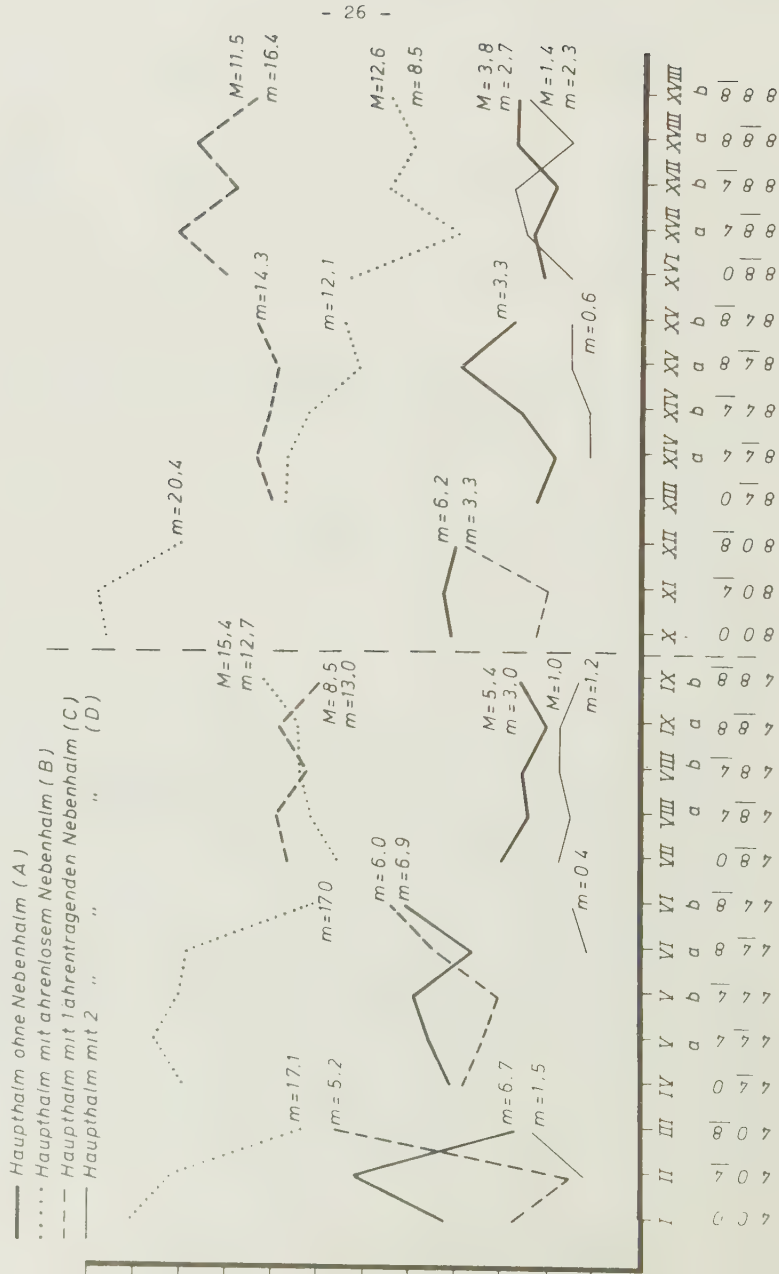
ac) Anzahl der Einzelpflanzenkategorien

Die Ergebnisse der Aufteilung des Gesamtpflanzenbestandes jedes Gefäßes in die Einzelpflanzenkategorien A-D sind in Darst. 2 wiedergegeben.

Die Anzahl der Pflanzen der Kategorie A (Pflanzen nur mit Haupthalm ohne Nebenhalm) ist im Mittel aller entsprechenden Varianten bei niedrigerer 1. N-Gabe erwartungsgemäß deutlich höher als bei höherer 1. N-Gabe. Steigende 2. N-Gaben führen zu einer Verminderung der Kategorie A, für steigende 3. N-Gaben ergibt sich keine klare Tendenz.

Die Anzahl der Pflanzen der Kategorie B (Pflanzen mit Haupthalm und ährenlosem Nebenhalm) ist im Mittel aller entsprechenden Varianten zwar bei niedriger 1. N-Gabe ebenfalls höher ($M_1 = 15,4$) als bei erhöhter 1. N-Gabe ($M_1 = 12,6$), jedoch erreicht diese Kategorie B bei hoher 1. N-Gabe und fehlender 2. N-Gabe mit 20,4 den eindeutig höchsten und bei hoher 1. und hoher 2. N-Gabe mit $m = 8,5$ die weitaus niedrigsten Werte. Bei erhöhter 1. N-Gabe wird der Anteil der Kategorie B durch die Höhe der 2. N-Gabe bestimmt.

Darst 2 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Zahl der Einzelpflanzenkategorien A bis D



lich stärker verändert (nämlich gesenkt) als bei niedriger 1. N-Gabe. Steigende 3. N-Gaben lassen ebenfalls eine Tendenz zur Verringerung der Kategorie B erkennen; auch diese ist bei hoher Anfangsgabe deutlicher als bei niedriger 1. N-Gabe.

Die Anzahl der Pflanzen der Kategorie C (Pflanzen mit Haupthalm und 1 ährentragendem Nebenhalm) liegt im Mittel aller entsprechenden Varianten bei erhöhter 1. N-Gabe deutlich höher als bei niedriger 1. N-Gabe. ($M_1 = 11,5$ gegenüber $M_1 = 8,5$). Bei gleicher 1. N-Gabe nimmt diese Kategorie mit steigender 2. N-Gabe sehr stark zu, bei höherer 1. aber weit stärker als bei niedrigerer 1. N-Gabe.

Steigende 3. N-Gaben führen in der Tendenz ebenfalls zu einem Anstieg in dieser Kategorie.

Die Anzahl der Pflanzen der Kategorie D (Pflanzen mit Haupthalm und 2 ährentragenden Nebenhalmern) ist insgesamt nur sehr gering, im Mittel bei hoher 1. N-Gabe höher als bei niedriger 1. N-Gabe, aber in nennenswerter Anzahl nur vorhanden bei hoher 2. N-Gabe. Ohne 2. N-Gabe fehlt diese Kategorie völlig und auch bei mittlerer 2. N-Gabe ist sie kaum vorhanden. Der Einfluß der 3. N-Gabe ist unbedeutend.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß die erste N-Gabe ein ausreichend hohes Niveau erreichen muß - damit überhaupt eine Anlage von Nebenhalmern eingeleitet wird -, wenn durch die 2. und 3. N-Gabe ein Einfluß auf die Ährenzahl ausgeübt werden soll.

ad) Kornertrag

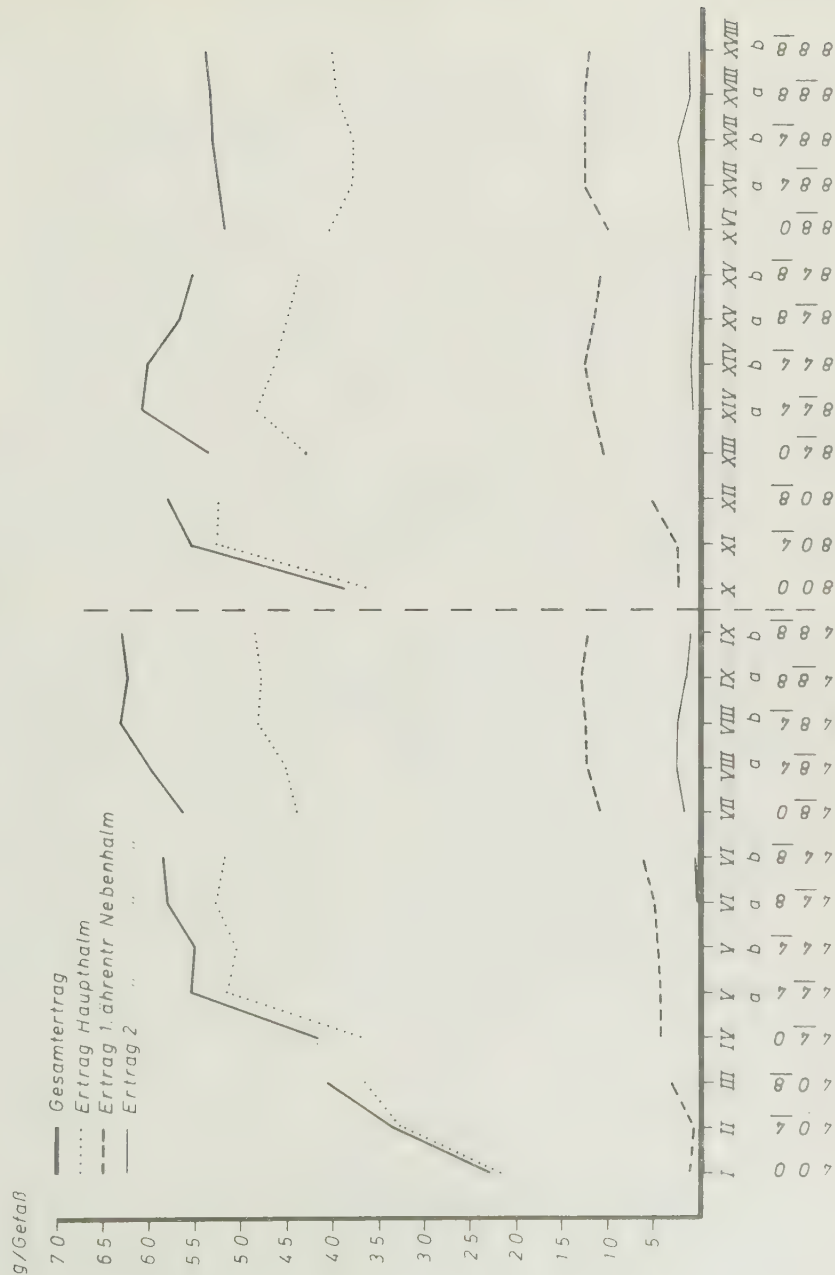
Die Kornerträge sind in Tab. 3 und Darst. 3 wiedergegeben.

Zwar sind die Kornerträge im Mittel aller entsprechenden Varianten bei höherer 1. N-Gabe etwas höher als bei niedriger 1. N-Gabe. Folgt auf die hohe 1. N-Gabe aber auch eine hohe 2. N-Gabe, so ergeben sich deutliche Ertragsdepressionen (obwohl die Pflanzen im Gefäß nicht lagern konnten).

Tab. 9: Korn-Erträge der Haupt- und Nebenhalm

Variante		Korn-Erträge				1. Nebenh.		2. Nebenh.	Anteil d. Haupth. am Ges. Korn-ertrag
		gesamt	rel.	Hauptalm	rel.				
		g		g		g			
1		2	3	4	5	6	7	8	9
I	4/0/0	22,67	<u>100</u>	21,71	100	0,96	100		95,8 %
II	4/0/4	33,47	148	33,09	152	0,38			98,9
III	4/0/8	40,53	179	36,63	169	2,96	308	0,94	90,4
IV	4/4/0	41,81	184	37,04	171	4,14	431	0,63	88,6
Va	4/4/4	55,64	245	51,51	237	4,13	430		92,6
Vb	4/4/4	55,12	243	50,66	233	4,46	465		91,9
VIa	4/4/8	58,23	257	53,02	244	4,95	516	0,26	91,1
VIb	4/4/8	58,81	259	51,95	239	6,29	655	0,57	88,3
VII	4/8/0	56,62	250	44,03	203	10,85	1130	1,74	77,8
VIIIa	4/8/4	60,13	265	45,35	209	12,28	1279	2,50	75,4
VIIIb	4/8/4	63,47	280	48,44	223	12,60	1313	2,43	76,3
IXa	4/8/8	62,62	276	48,13	222	12,95	1349	1,54	76,9
IXb	4/8/8	63,30	279	48,87	225	12,35	1286	1,08	77,2
X	8/0/0	38,91	<u>100</u>	36,69	100	2,22	100		94,3
XI	8/0/4	55,70	143	53,08	145	2,62	118		95,3
XII	8/0/8	58,28	150	52,85	144	5,43	204		90,7
XIII	8/4/0	53,66	138	43,22	118	10,44	470		80,5
XIVa	8/4/4	61,21	157	48,61	132	11,73	530	0,87	79,4
XIVb	8/4/4	60,57	156	46,64	127	12,85	580	1,08	77,0
XVa	8/4/8	57,15	147	45,45	124	11,70	527		79,5
XVb	8/4/8	55,75	143	44,10	120	11,06	498	0,62	79,1
XVI	8/8/0	52,18	134	40,88	111	9,96	448	1,34	78,3
XVIIa	8/8/4	52,92	136	38,37	105	12,65	570	1,90	72,5
XVIIb	8/8/4	53,61	138	38,22	104	12,87	581	2,52	71,3
XVIIIa	8/8/8	53,82	138	39,90	109	12,72	574	1,20	74,1
XVIIIb	8/8/8	54,21	139	40,64	111	12,31	554	1,26	75,0

Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den Kornertrag in g/Gefäß



Steigende 2. N-Gaben führen bei niedriger 1. N-Gabe auf jeden Fall zu starken Ertragssteigerungen, bei höherer 1. N-Gabe jedoch nur bis zur mittleren 2. N-Gabe. Und zwar ist die Steigerung durch die 2. N-Gabe besonders deutlich, wenn auch eine 3. N-Gabe folgt. Steigende 3. N-Gaben führen insgesamt ebenfalls zu noch deutlich erhöhten Erträgen mit Ausnahme in den Varianten, bei denen durch hohe 1. N-Gaben die hohen 2. N-Gaben bereits Ertragsdepressionen bewirkten. Bei niedriger 1. N-Gabe und hoher 2. N-Gabe wird in dieser Versuchsreihe ein gleich hohes Ertragsniveau erreicht wie bei hoher 1. N-Gabe und mittlerer 2. N-Gabe.

Insgesamt sind die Ertragssteigerungen durch die späten N-Gaben um so größer, je niedriger die ersten Gaben sind, und bei unzureichender N-Versorgung der Pflanzen im Jugendstadium bringen selbst ausgesprochene Spätgaben noch sehr starke Ertragssteigerungen (siehe Tab. 3, Spalte 3).

Betrachtet man den Anteil der Haupthalme am Gesamtertrag, so ergibt sich folgendes Bild (siehe Tab. 3, Spalte 9 und Darst. 3): Wird keine 2. N-Gabe verabreicht, so entfallen 94-99 % des Gesamtkornertrages auf die Haupthalme, wenn keine oder nur eine mittlere 3. N-Gabe, und immer noch 90 %, wenn eine hohe 3. N-Gabe gegeben wird.

Bei niedriger 1. N-Gabe nimmt der Kornertrag des Haupthalmes mit einer mittleren 2. N-Gabe absolut sehr stark zu, und der Anteil des Haupthalmertrages am Gesamtertrag liegt immer noch um 90 %. Dagegen verursacht die hohe 2. N-Gabe auch absolut eine Abnahme des Haupthalmertrages (außer wenn keine 3. N-Gabe erfolgt), und der prozentuale Anteil des Haupthalmertrages beläuft sich nur noch auf 75- 80 % des Gesamtertrages.

Bei hoher 1. N-Gabe bewirkt eine mittlere 2. N-Gabe zwar noch eine Erhöhung des Gesamtertrages, aber der Ertrag des Haupthalmes steigt bereits nicht weiter an bzw. nimmt sogar absolut ab, und der relative Ertragsanteil des Haupthalmes liegt hier schon nur bei 77-80 %.

Eine hohe 2. N-Gabe bedingt eine weitere Abnahme des Ertragsanteils des Haupthalmes und dadurch verursacht auch des Gesamtertrages. Die Er-

tragsanteile des ersten ährentragenden Nebenhalmes ergeben sich aus dem bereits Gesagten. Besonders interessant erscheint in diesem Zusammenhang die Tatsache, daß die festgestellten Ertragsdepressionen bei den Varianten mit hoher 1. und hoher 2. N-Gabe nicht die Nebenhalmbe betreffen, sondern ausschließlich die Haupthalme, denn nicht nur der Ertragsanteil der Haupthalme sinkt, sondern auch der Gesamtertrag. Der Ertragsanteil der zweiten ährentragenden Nebenhalmbe ist in jedem Fall völlig unbedeutend und erreicht 3 % des Gesamtkornertrages in keinem Falle.

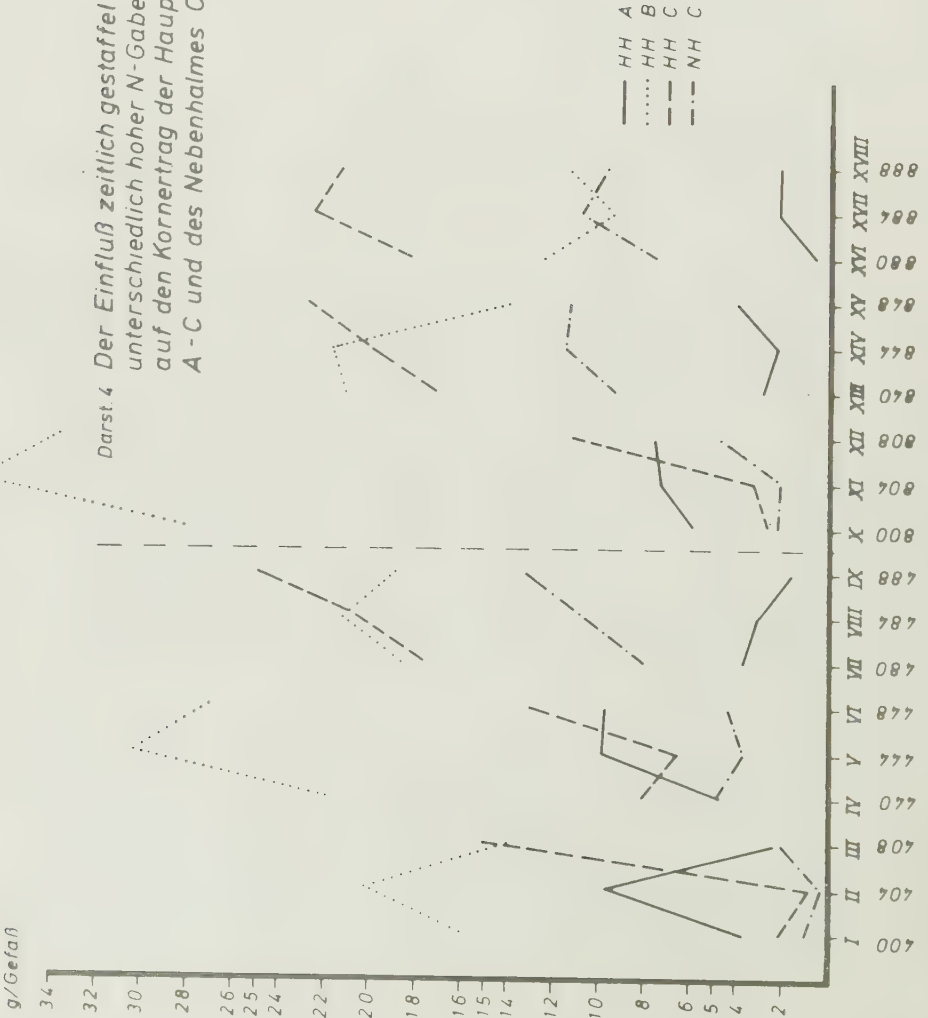
Die Höchsterträge sind in dieser Versuchsreihe erreicht worden bei leicht gesenkten Absoluterträgen der Haupthalme und bei auf ca. 20 % am Gesamtertrag erhöhten Erträgen des ersten Nebenhalmes, d. h. das Optimum für den Gesamtertrag ist erreicht nach Überschreiten des Optimums für den Haupthalmertrag.

Betrachtet man die Erträge der einzelnen Pflanzenkategorien, so läßt sich analog der Halm- und Ährenzahl folgendes feststellen (Darst. 4): Bei niedriger 1. und fehlender bzw. mittlerer 2. N-Gabe sowie bei hoher 1. und fehlender 2. N-Gabe resultiert aus den Haupthalmen der Kategorie B eindeutig der höchste Ertragsanteil. Bei niedriger 1. und hoher 2. und bei hoher 1. und niedrigerer 2. N-Gabe erbringen die Haupthalme der Kategorien B und C etwa die gleichen Erträge. Die Haupthalme der Kategorie A bringen einen kleinen, mit steigender 2. N-Gabe noch abnehmenden Ertrag/Gefäß. Die Nebenhalmbe der Kategorie C bringen einen nennenswerten Ertrag nur bei mittlerer bzw. hoher 2. N-Gabe (siehe hierzu auch die Halm- und Ährenzahlen pro Gefäß).

ae) Einzelährenerträge

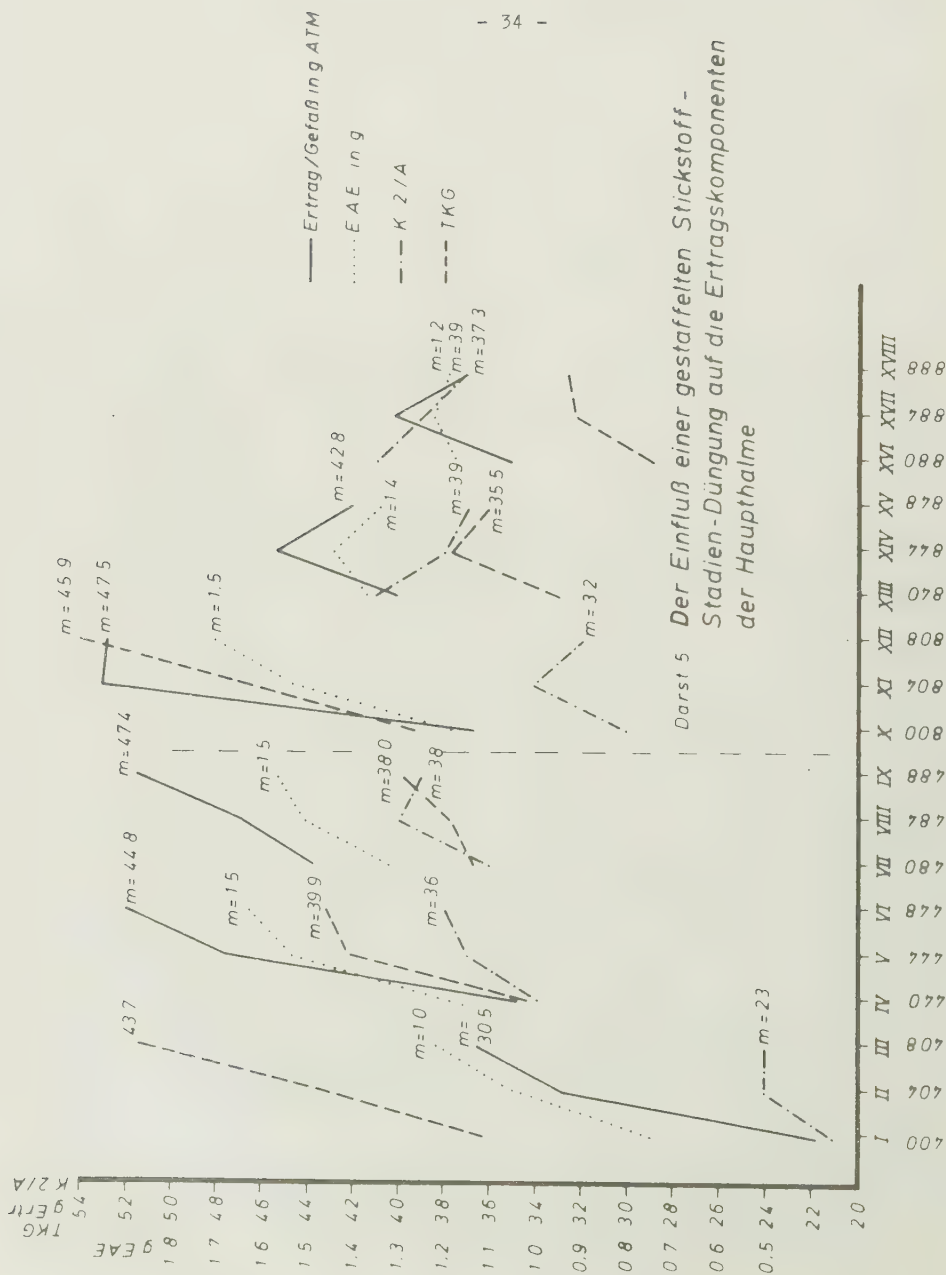
Die Einzelährenerträge der Haupthalme (Tab. 4, Spalte 3 und Darst. 5) steigen bei niedriger 1. N-Gabe mit steigender 2. N-Gabe und innerhalb einer Stufe der 2. N-Gabe mit steigender 3. N-Gabe deutlich an. Bei hoher 1. N-Gabe und fehlender 2. N-Gabe ergibt sich ebenfalls ein deutlicher An-

Darst. 4 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den Kornertrag der Haupthalme A-C und des Nebenhalmes C



Tab. 4: Die Ertragskomponenten der Haupt- und Nebenhalm

Variante	Hauptstamm			TKH	1. Nebenhalm			TKG
	Ertrag/Gefäß in g ATM	EÄE g	Kz/Ä		Ertrag	EÄE	Kz/Ä	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	21,7	0,75	21	36,2	0,94	0,24	8	31,3
II	32,8	1,06	24	43,5	0,18	0,18	6	30,0
III	36,6	1,22	24	51,5	2,96	0,20	10	22,9
IV	34,6	1,19	34	34,4	4,89	0,69	23	30,4
V	47,6	1,54	37	42,2	3,65	0,96	25	38,0
VI	52,0	1,63	38	43,2	5,25	0,81	20	30,0
VII	43,7	1,32	36	36,7	9,91	0,62	20	30,4
VIII	46,8	1,51	40	37,7	12,05	0,83	28	30,2
IX	51,6	1,57	39	39,8	10,90	0,84	27	31,4
	M=40,8	M=1,31	M=32	M=40,5				
X	36,7	1,18	30	39,1	2,22	0,74	19	38,9
XI	53,1	1,52	34	44,8	1,97	0,99	24	41,0
XII	52,9	1,71	32	54,0	5,43	0,76	14	47,0
XIII	41,0	1,37	41	32,9	9,18	0,71	24	29,6
XIV	45,4	1,44	38	37,7	12,29	0,80	27	29,8
XV	42,1	1,34	37	36,0	12,31	1,01	36	28,3
XVI	35,1	1,17	41	28,9	9,63	0,51	24	21,2
XVII	40,2	1,22	39	32,3	13,94	0,66	27	24,8
XVIII	36,9	1,18	37	32,6	10,95	0,70	31	23,6
	M=42,6	M=1,34	M=36	M=37,5				



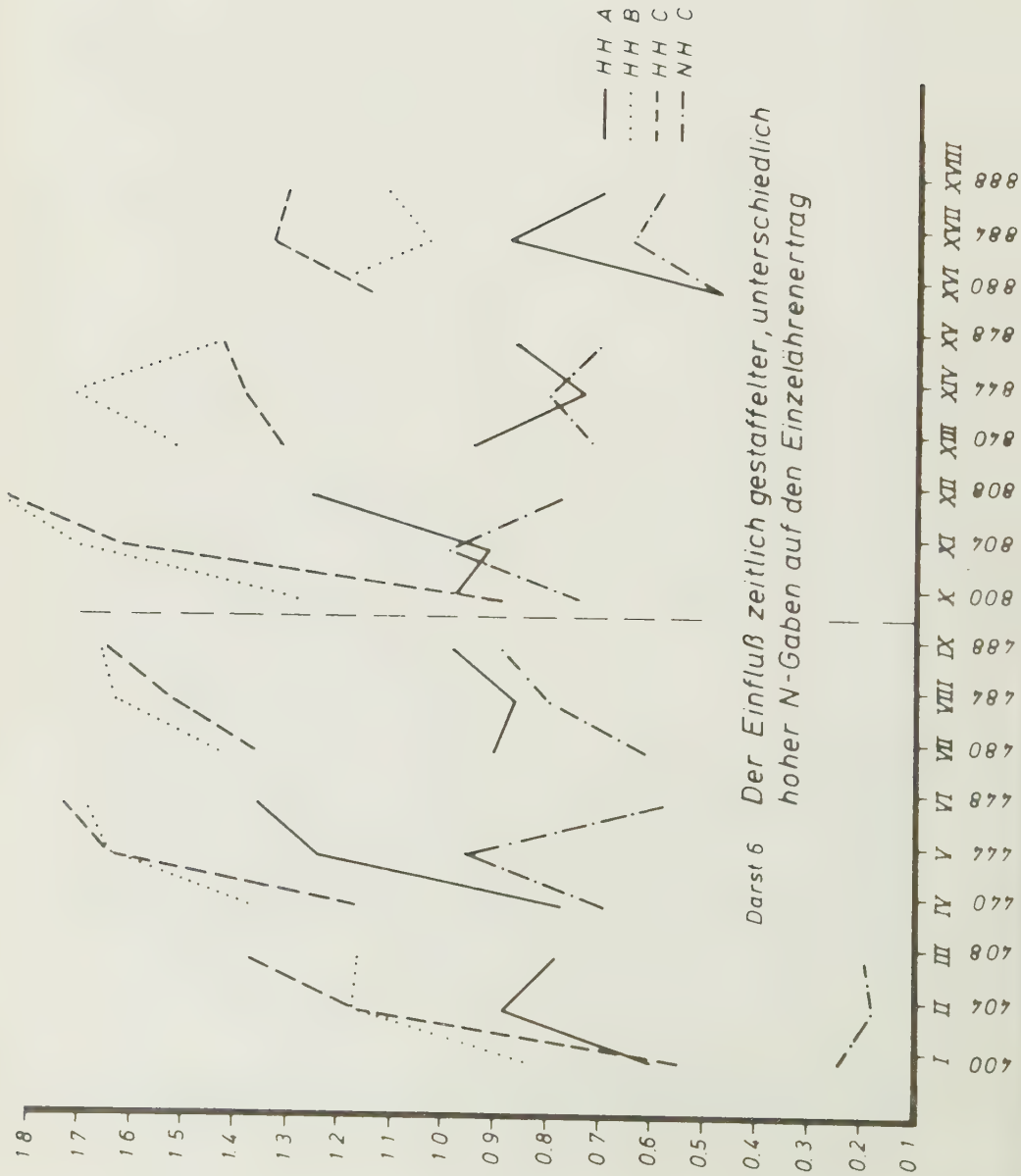
stieg mit steigender 3. N-Gabe. In den Varianten mit hoher 1. und mittlerer bzw. hoher 2. N-Gabe bewirkt die 2. N-Gabe eine zunehmende Depression im Einzelährenenertrag und eine erhöhte 3. N-Gabe zumindest keine Zunahme des Einzelährenenertrages. Vergleicht man die Einzelährenenerträge der Haupt-
halme der Einzelpflanzenkategorien, so ergeben sich bei den meisten Varianten die höchsten Werte für den Haupthalm der Kategorie B. Die Haupthalme der Pflanzen der Kategorie A weisen von allen Haupthalmen in fast allen Fällen die niedrigsten Einzelährenenerträge auf; sie liegen aber andererseits meist deutlich höher als die Einzelährenenerträge der Nebenhalm der Kategorie C (siehe Darst. 6).

af) Kornzahl je Ähre

Die Kornzahl je Ähre wird bei der Gesamtheit der Haupthalme durch Erhöhung der 1. wie auch durch Erhöhung der 2. N-Gabe vergrößert. Bei niedriger 1. N-Gabe erhöht auch die steigende 3. N-Gabe die Kornzahl je Ähre. Bei hoher 1. N-Gabe und mittlerer bzw. hoher 2. N-Gabe bewirkt eine steigende 3. N-Gabe eine deutliche Senkung der Kornzahl je Ähre der Haupthalme. Wie sich innerhalb der Gesamthaupthalme dabei die Haupthalme der einzelnen Pflanzenkategorien und die Nebenhalm der Kategorie C verhalten, geht aus Darst. 7 hervor. Die Kornzahl je Ähre ist bei den Haupthalmen der Kategorie B und C in den meisten Fällen wiederum wesentlich höher als bei den Haupthalmen der Kategorie A, deren Werte für die Kornzahl je Ähre in einigen Varianten sogar von den ersten ährentragenden Nebenhalm der Kategorie C erreicht werden. Es zeigt sich aber auch, daß sich die Haupthalme der einzelnen Pflanzenkategorien durchaus nicht gleichsinnig verhalten müssen. Besonders auffällig ist der starke Abfall in der Kornzahl je Ähre der Haupthalme der Kategorie B bei hoher 1. und zusätzlicher mittlerer bzw. hoher 2. N-Gabe.

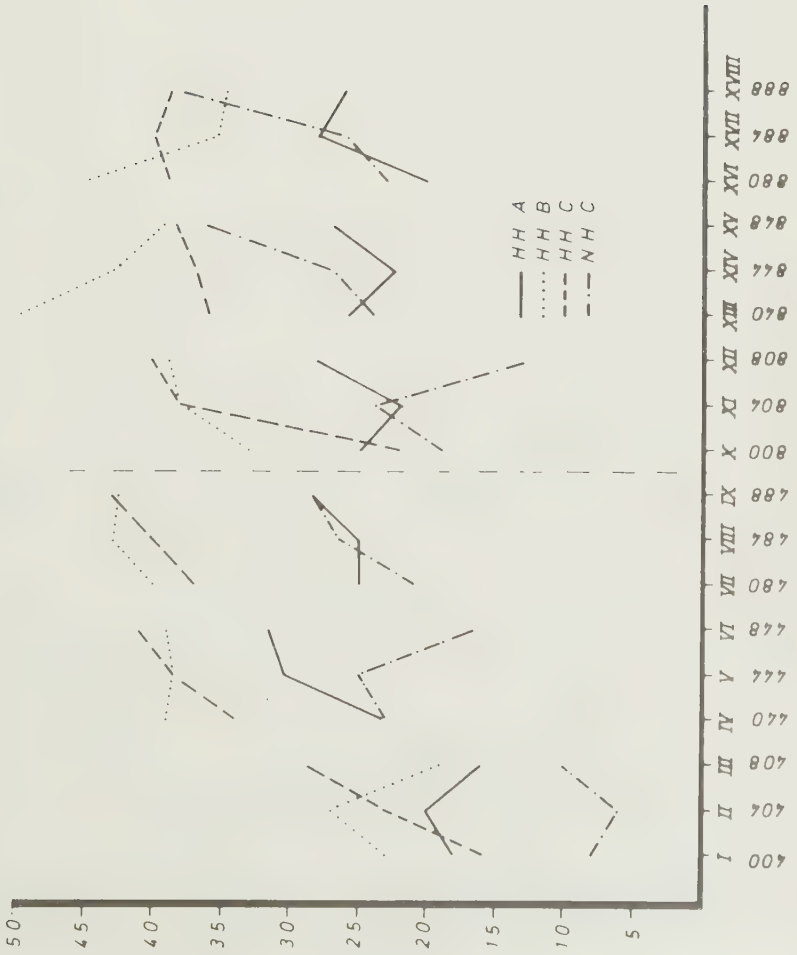
ag) Tausend-Korn-Gewicht (TKG)

Die TKG der Haupthalmkörner (Tab. 4 und Darst. 8) liegen im Mittel der

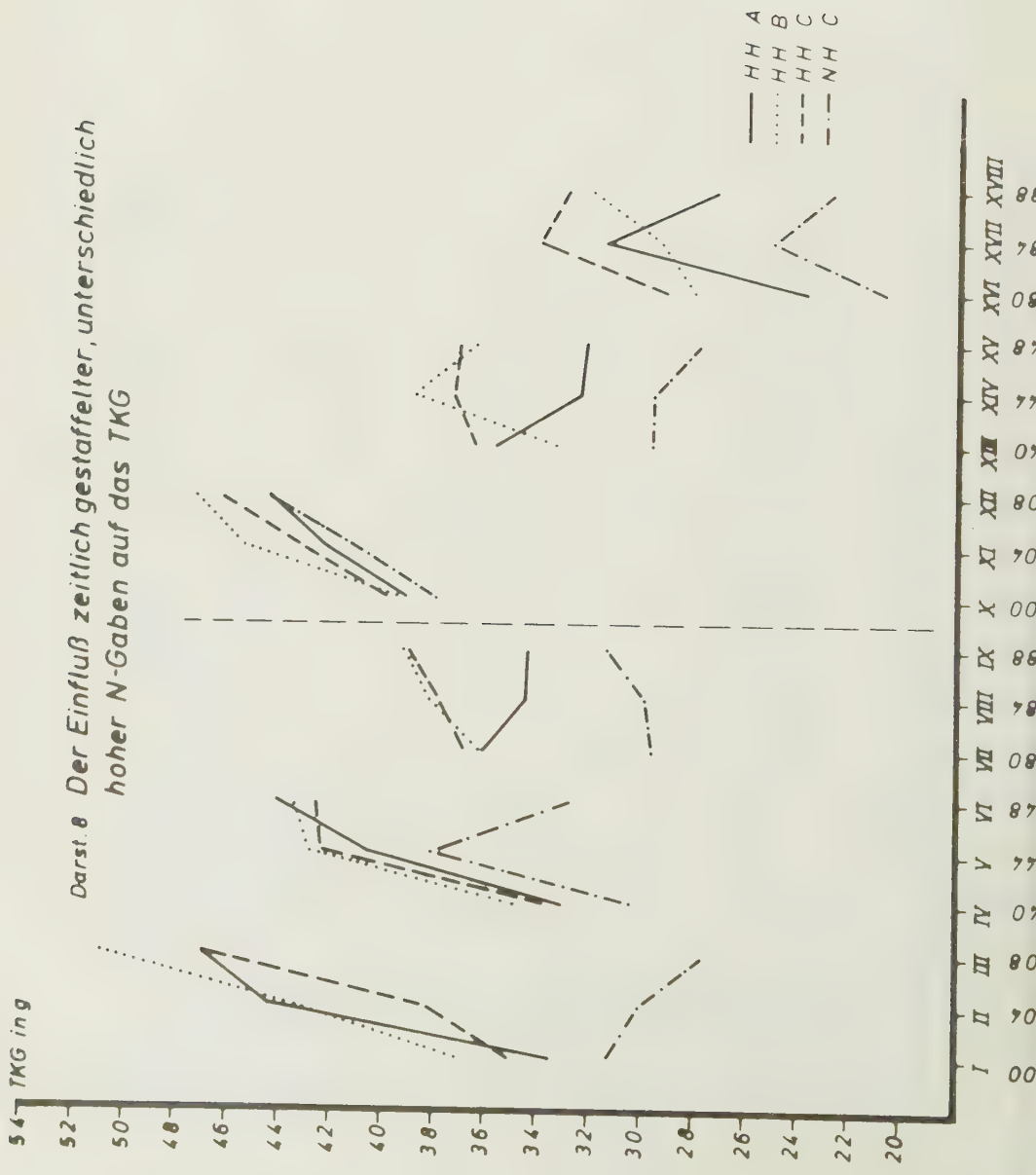


Darst 6 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den Einzelährenertrag

Darst 7 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Kornzahl /Ähre



Darst. 8 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf das TKG



entsprechenden Varianten bei hoher 1. N-Gabe niedriger als bei niedriger 1. N-Gabe, bei der Variantengruppe mit hoher 1. N-Gabe und fehlender 2. N-Gabe aber dennoch vergleichsweise am höchsten. Steigende 2. N-Gaben haben das TKG der Haupthalmkörner in jedem Fall verringert, steigende 3. N-Gaben dagegen erhöht. Die TKG der Haupthalmkörner aus den verschiedenen Pflanzenkategorien (siehe Darst. 8) laufen in den meisten Fällen parallel. In den meisten Variantengruppen liegen die TKG der Haupthalmkörner aus der Kategorie B an oder mit an der Spitze; nur bei den Varianten mit hohen 1. und hohen 2. N-Gaben sinkt das TKG der Haupthalmkörner dieser Kategorie unter das der Haupthalme der Kategorie C ab.

ah) Kornsortierung

Der Anteil der Körner über 2,8 mm zeigt ähnliche Tendenzen wie das TKG; er wird durch steigende 3. N-Gaben erhöht.

ai) Stroherträge

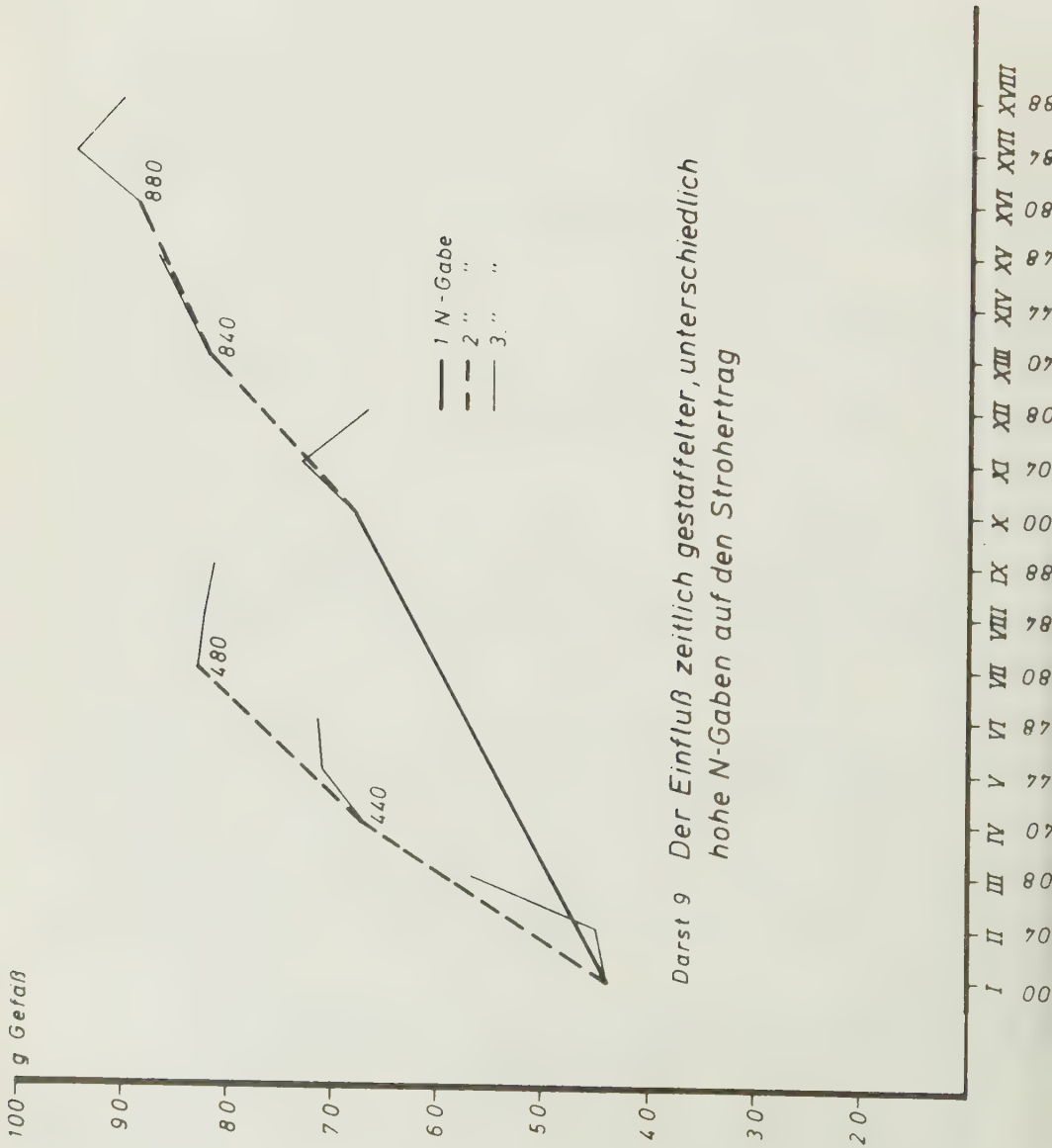
Durch steigende 1. wie auch durch steigende 2. N-Gaben sind die Stroherträge erhöht. Für die 3. N-Gaben ergibt sich nur bei niedriger 1. und bei fehlender bzw. mittlerer 2. N-Gabe eine leichte Steigerung (siehe Darst. 9).

b) Der Einfluß einer zeitlich gestaffelten, unterschiedlich hohen N-Gabe auf die N-Gehalte und N-Entzüge

ba) N-Gehalte im Korn

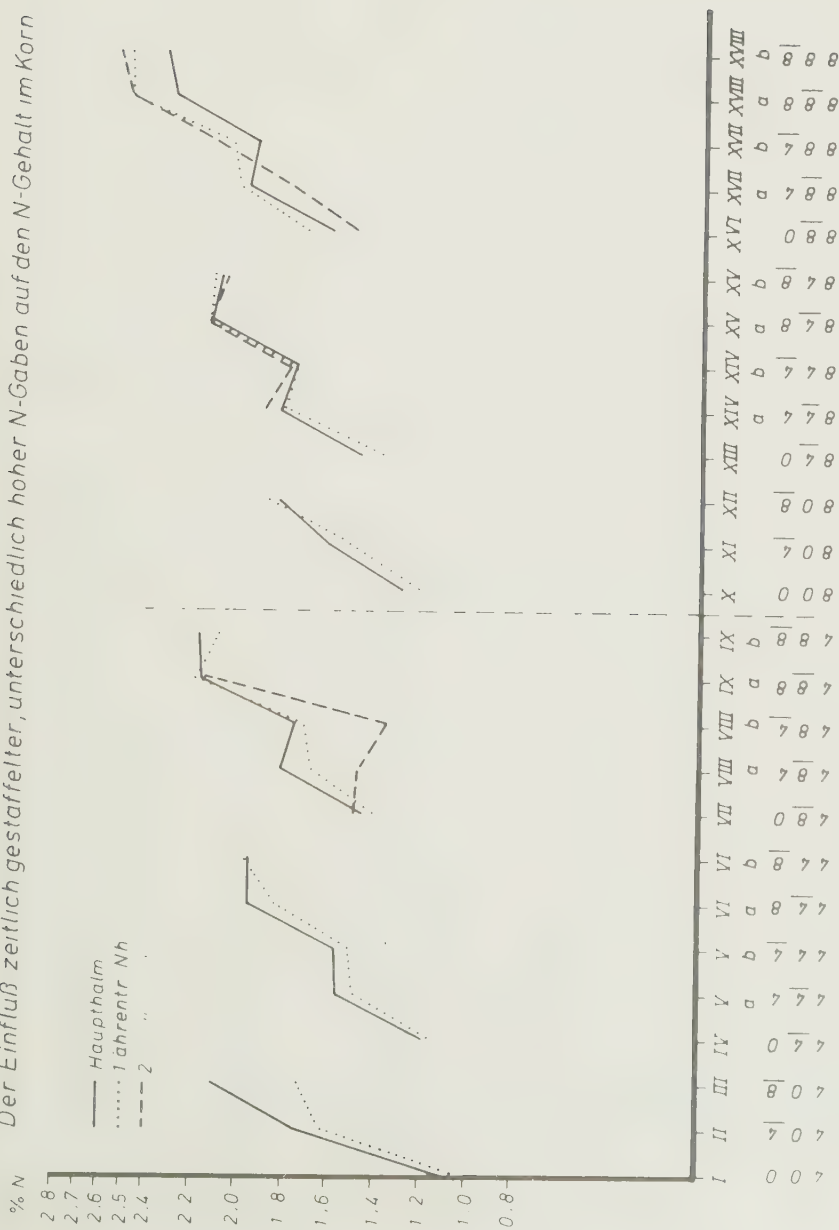
Die N-Gehalte im Korn der Haupt- und Nebenthalme sind in Darst. 10 wiedergegeben.

Bei allen Varianten mit niedriger 1. N-Gabe und bei den Varianten mit hoher 1., aber fehlender 2. N-Gabe besteht die Tendenz, daß die Körner des Haupt-



Darst 9 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hohe N-Gaben auf den Strohertrag

Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den N-Gehalt im Korn



halmes einen geringfügig höheren N-Gehalt aufweisen als die Körner der Nebenhalme. In den höheren Düngungsstufen (hohe 1. N-Gabe und mittlere bzw. hohe 2. N-Gabe) ergibt sich in der Tendenz ein etwas höherer N-Gehalt der Nebenhalmkörner als der der Haupthalmkörner.

Wie unterschiedlich die zeitlich variierten N-Gaben sich auf die N-Gehalte der Körner auswirken, geht aus der Darst. 11 (für den Haupthalm und ersten ährentragenden Nebenhalm) hervor: Steigende 1. N-Gaben führten zu einem geringfügigen Anstieg; steigende 2. N-Gaben schon zu einem deutlicheren Anstieg, der bei hohen 1. N-Gaben stärker ist als bei niedrigen 1. N-Gaben (weil im letzteren Falle ein weit größerer Teil des Stickstoffs der 2. Gabe zur Massenbildung verwendet wurde). Ein völlig anderes Niveau im N-Gehalt der Körner wird aber erst durch die 3. N-Gabe erreicht.

Die relative Erhöhung der N-Gehalte im Korn bei steigender 1. N-Gabe ist bei Haupt- und Nebenhalm etwa gleich stark, bei Erhöhung der 2. bzw. der 3. N-Gabe im Nebenhalm aber etwas stärker als im Haupthalm, wie das auch aus der nachfolgenden Zahlenübersicht hervorgeht:

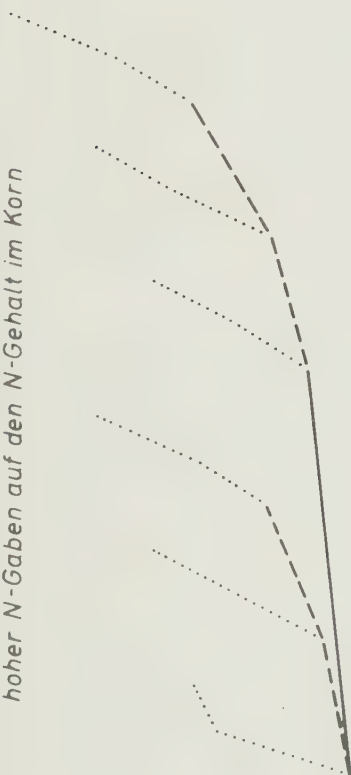
N-Gehaltssteigerungen im Korn des Haupthalmes

N-Variante	N-Gehalt in %	N-Gehalt rel.	N-Variante	N-Gehalt in %	N-Gehalt rel.
4/0/0	1,10	100	8/0/0	1,30	118
4/0/0	1,10	100	4/8/0	1,46	133
4/0/0	1,10	100	4/0/8	2,11	192
4/4/0	1,19	100	4/4/8	1,96	165
4/8/0	1,46	100	4/8/8	2,18	149
8/0/0	1,30	100	8/8/0	1,62	125
8/0/0	1,30	100	8/0/8	1,85	142
8/4/0	1,42	100	8/4/8	2,13	144
8/8/0	1,62	100	8/8/8	2,34	144

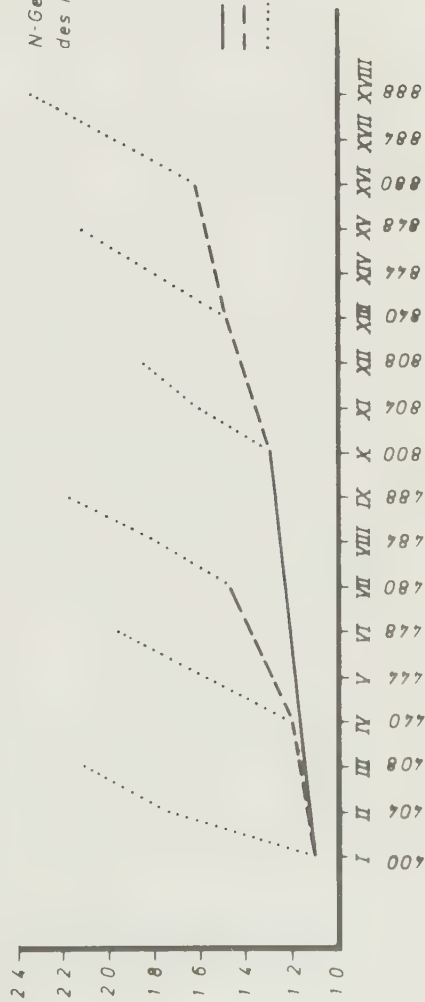
% N

Darst 11 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den N-Gehalt im Korn

N-Gehalt in % im Korn
des 1. Ährentragenden
Nebenhalmes



N-Gehalt in % im Korn
des Haupthalmes



1 N-Gabe
2 " "
3 " "

N-Gehaltssteigerungen im Korn des ersten ährentragenden Nebenhalmes:

N-Variante	N-Gehalt in %	N-Gehalt rel.	N-Variante	N-Gehalt in %	N-Gehalt rel.
4/0/0	1,05	100	8/0/0	1,23	117
4/0/0	1,05	100	4/8/0	1,41	134
4/0/0	1,05	100	4/0/8	1,73	165
4/4/0	1,17	100	4/4/8	1,98	169
4/8/0	1,41	100	4/8/8	2,20	156
8/0/0	1,23	100	8/8/0	1,73	141
8/0/0	1,23	100	8/0/8	1,90	154
8/4/0	1,39	100	8/4/8	2,15	155
8/8/0	1,73	100	8/8/8	2,51	145

Betrachtet man die N-Gehalte im Korn der Haupt- und Nebenhalm aus den verschiedenen Einzelpflanzenkategorien (Tab. 5), so lassen sich im Mittel aller Varianten zwischen den Haupthalmen der Kategorien A, B und C keine Unterschiede erkennen, wenn auch in wenigen Einzelfällen Unterschiede angedeutet sind, so zum Beispiel bei Variante 4/8/8.

bb) N-Gehalte im Stroh

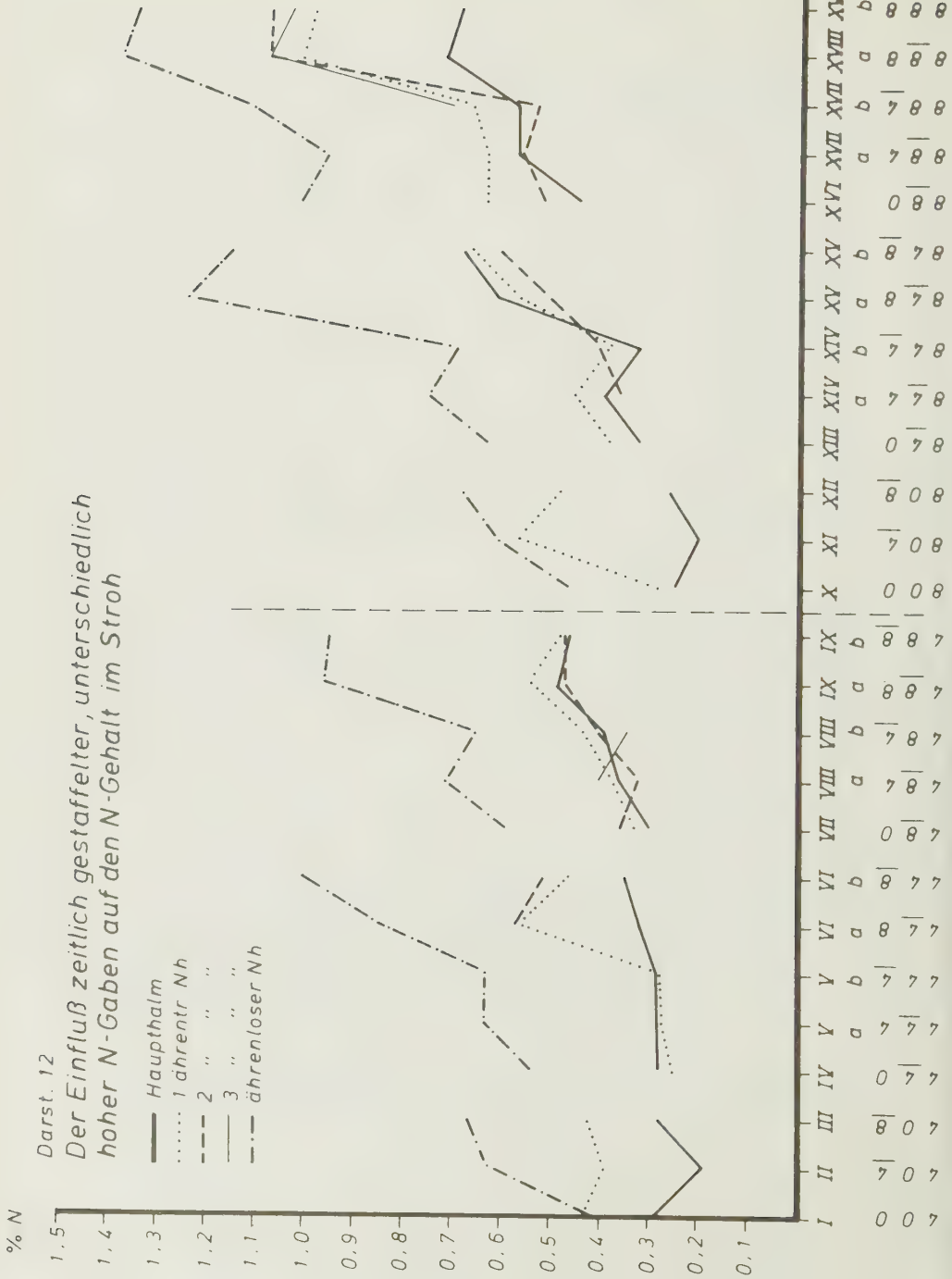
Während zwischen den N-Gehalten der Körner der Haupthalme, der ersten ährentragenden Nebenhalm und der zweiten ährentragenden Nebenhalm keine allzu großen Differenzen festgestellt werden können, unterscheiden sich die N-Gehalte im Stroh zwischen diesen Halmgruppen zum Teil deutlicher, wobei in der Tendenz die N-Gehalte des Haupthalmes am niedrigsten liegen.

Insbesondere bei erhöhten 3. N-Gaben zeigt das Stroh der Nebenhalm oft einen wesentlich höheren N-Gehalt als das der Haupthalme (siehe Darst. 12 und 13).

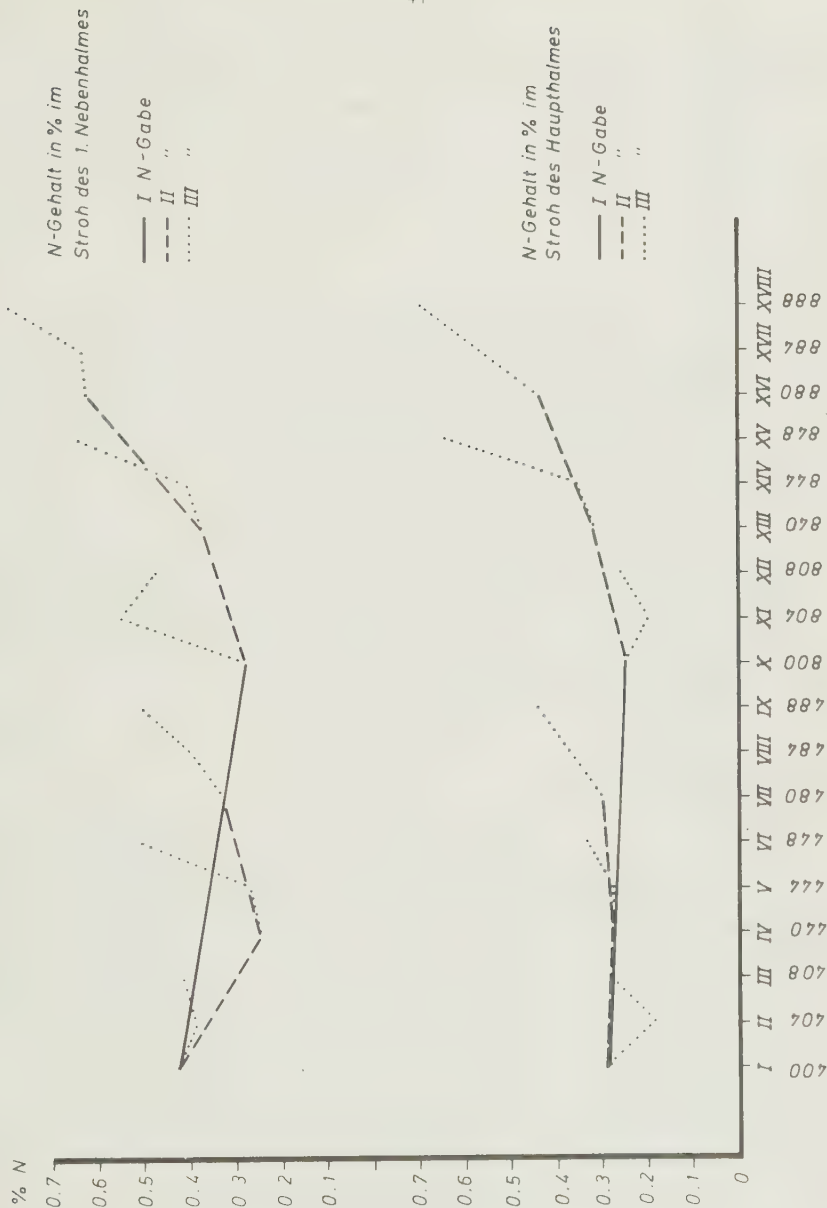
Tab. 5: Die N-Gehalte in den Körnern der Haupt- und Nebenhalmte der verschiedenen Einzelpflanzenkategorien

Variante		A	B	C	D			E		
		H. H.	H. H.	H. H. 1. Nh.	H. H.	1. Nh.	2. Nh.	H. H.	1. Nh.	2. Nh.
I	4/0/0	1,10	1,11	1,10 1,05						
II	4/0/4	1,82	1,59	1,81 1,63						
III	4/0/8	2,09	2,16	2,19 1,73	2,09	1,73	2,13	2,03	1,72	1,80
IV	4/4/0	1,14	1,21	1,22 1,17						
V	4/4/4	1,57	1,57	1,57 1,51						
VI	4/4/8	1,93	1,96	1,94 1,91	1,99					
VII	4/8/0	1,44	1,46	1,45 1,40	1,47	1,43	1,50			
VIII	4/8/4	1,78	1,84	1,75 1,74	1,70	1,55	1,42			
IX	4/8/8	1,96	2,26	2,13 2,16	2,00	2,03	2,14			
X	8/0/0	1,30	1,29	1,31 1,23						
XI	8/0/4	1,64	1,62	1,61 1,53						
XII	8/0/8	1,82	1,85	1,88 1,86	1,85	1,94	1,78			
XIII	8/4/0	1,39	1,51	1,45 1,39						
XIV	8/4/4	1,69	1,84	1,77 1,81	1,79	1,70	1,85			
XV	8/4/8	2,15	2,21	2,10 2,18	1,89	1,89	2,02			
XVI	8/8/0	1,67	1,65	1,61 1,70	1,57	1,85	1,51			
XVII	8/8/4	2,02	2,01	1,98 2,00	1,99	2,22	1,96			
XVIII	8/8/8	2,46	2,42	2,42 2,64	2,32	2,62	2,92			
		1,722	1,753	1,738 1,702	1,878	1,896	1,923			

Darst. 12
Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich
hoher N-Gaben auf den N-Gehalt im Stroh



Darst 13 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den N-Gehalt im Stroh



Wie beachtlich hoch die N-Gehalte im Stroh der ährenlosen Nebenhalm im Vergleich zum Stroh der Haupthalme und der ährentragenden Nebenhalm einerseits und auch zum Korn des Haupthalmes andererseits sind, geht ebenfalls aus Darst. 12 und aus Darst. 14 hervor.

bc) N-Entzug

Die N-Entzüge pro Gefäß (Korn und Stroh) sind für die Gesamternte in Darst. 15 wiedergegeben. Bei gleichen Gesamtmengen an Dünger-N ergeben sich im großen und ganzen gleiche N-Entzüge, allerdings ist die Verteilung auf Korn und Stroh in Abhängigkeit vom Düngungszeitpunkt zum Teil unterschiedlich.

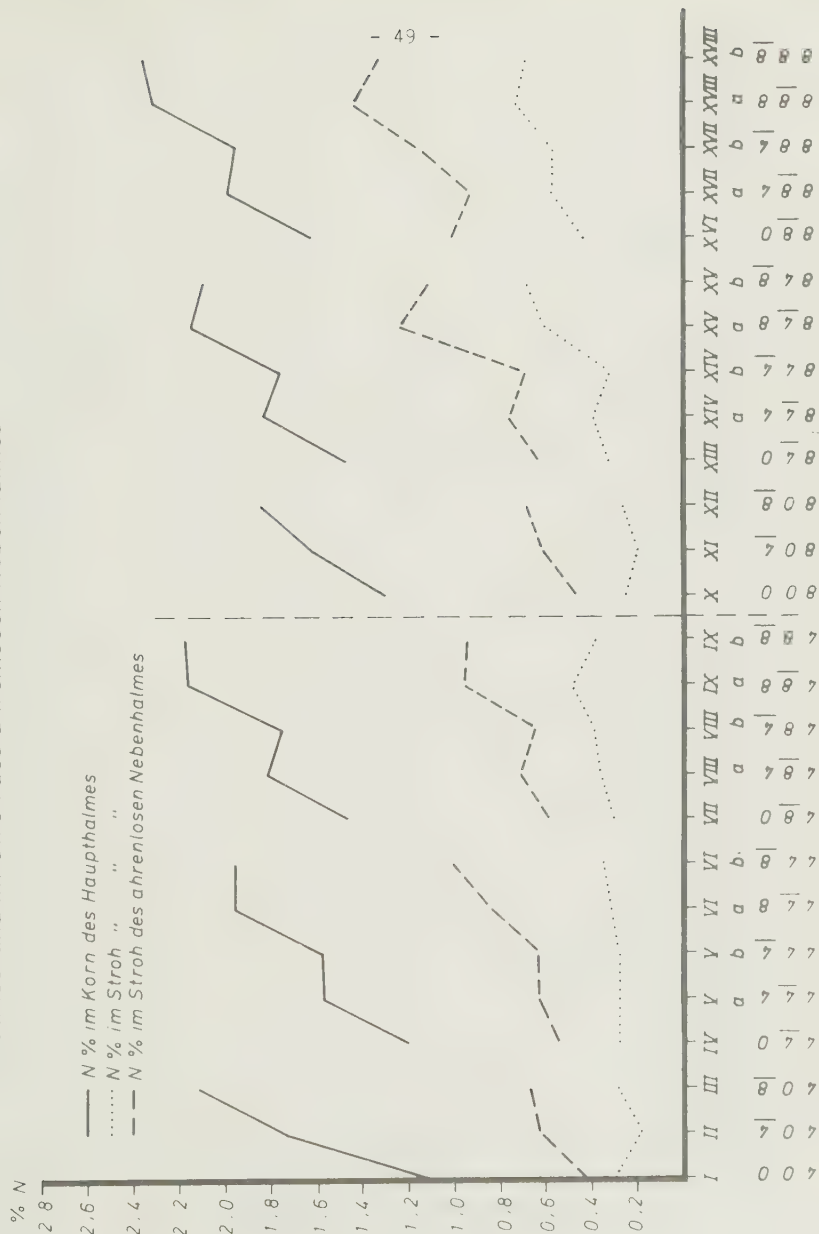
Der Anteil des Haupthalmes einerseits und der verschiedenen Nebenhalmgruppen am Gesamt-N-Entzug andererseits ändert sich in Abhängigkeit der variierten N-Düngung analog den Ertragsanteilen. Auf eine Wiedergabe dieser Einzelergebnisse wird verzichtet. Die prozentuale N-Aufnahme vom Dünger-N ist in Darst. 16 wiedergegeben.

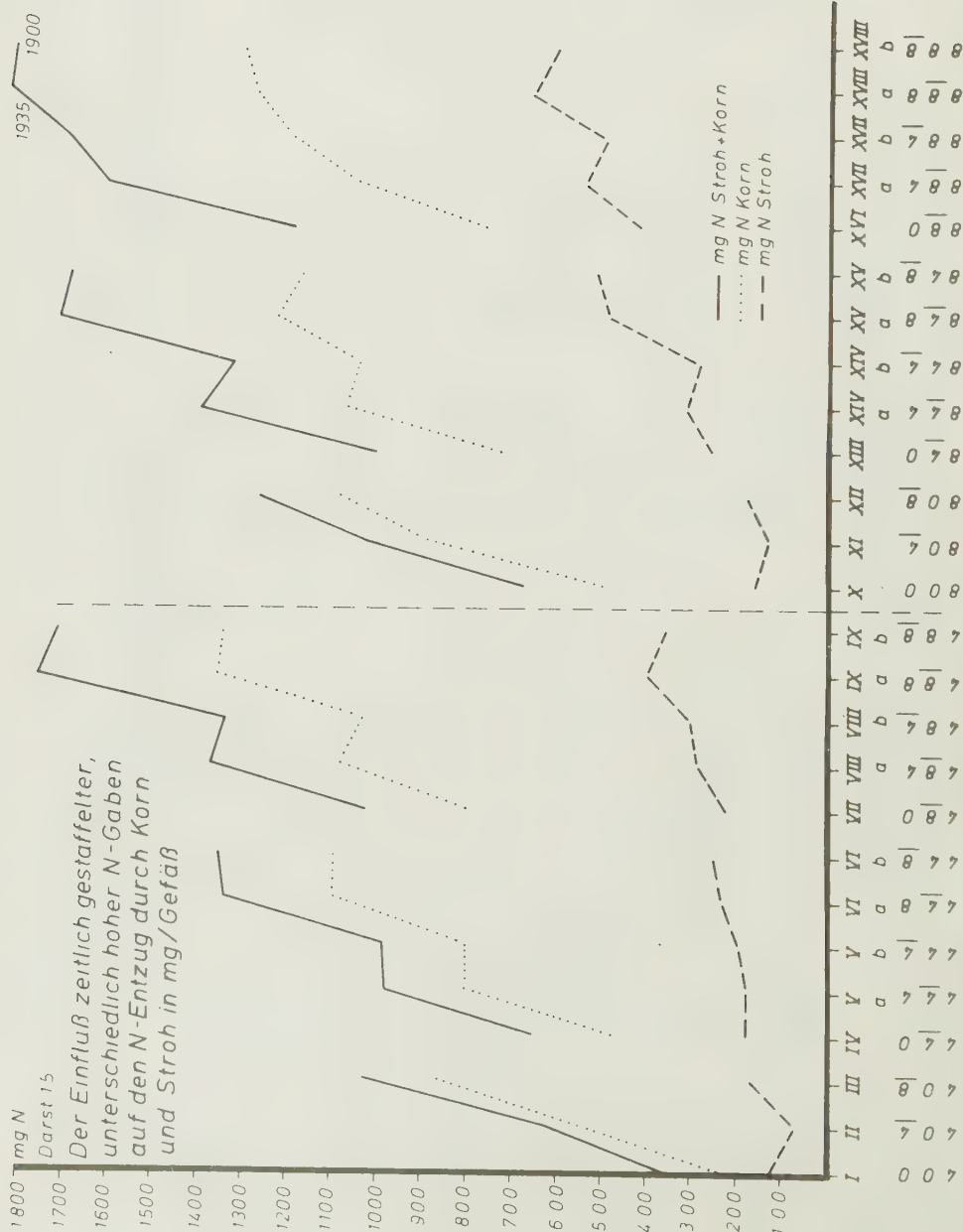
bd) ¹⁵N-Untersuchungen

Der Anteil des ¹⁵N am Gesamt-N aus der 2. bzw. 3. N-Gabe ist selbstverständlich in Abhängigkeit von der Höhe der markierten N-Gabe deutlich verschieden. Er erreicht aber bei der Gabe von 0,8 g N/Gefäß in keinem Fall den doppelten Wert wie bei der Gabe von 0,4 g/Gefäß (Darst. 17), weil im unteren Versorgungsbereich mit steigenden 2. und 3. N-Gaben auch der Entzug des N aus der 1. N-Gabe durch die oberirdischen Pflanzenteile erhöht wird, während im oberen Versorgungsbereich gerade auch die Ausnutzung der 2. und 3. N-Gaben geringer wird. Das kommt besonders deutlich zum Ausdruck, wenn man den ¹⁵N-Anteil am Gesamt-N auf eine einheitliche Höhe der markierten Gabe reduziert (Darst. 18)

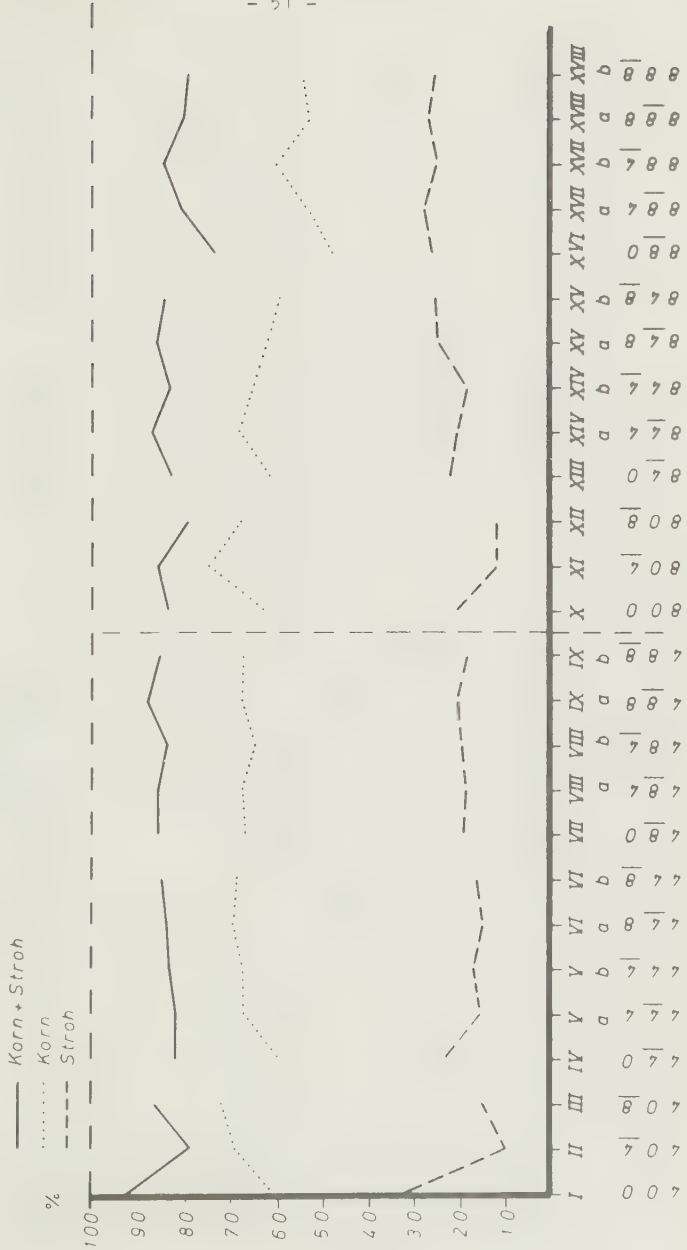
Vergleicht man die ¹⁵N-Anteile im Korn mit denen im Stroh, so ergibt sich folgendes Bild: Ist die 2. N-Gabe markiert, so liegt der ¹⁵N-Anteil im Stroh

Darst. 14 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den N-Gehalt im Korn des Haupthalmes, im Stroh des Haupthalmes und im Stroh des ährenlosen Nebenthalmes

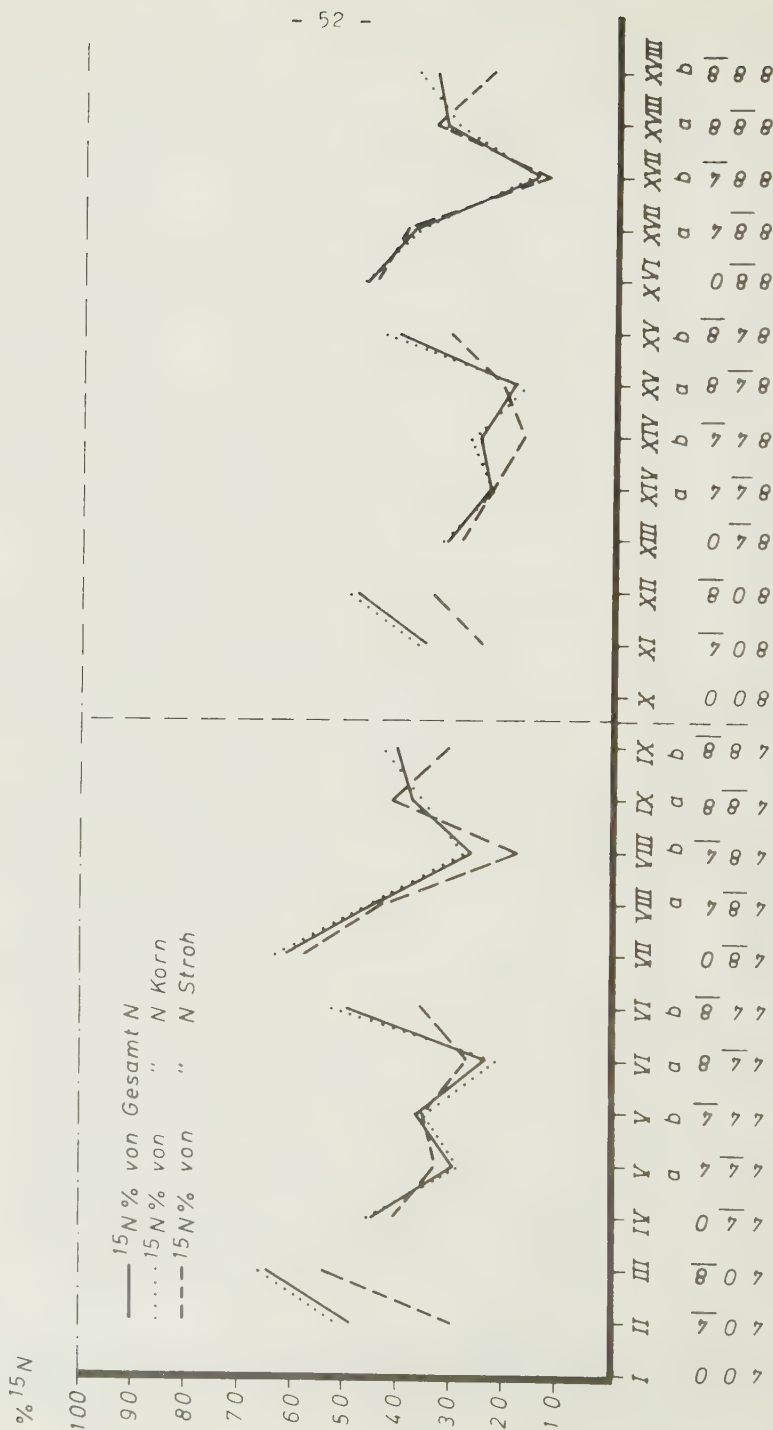




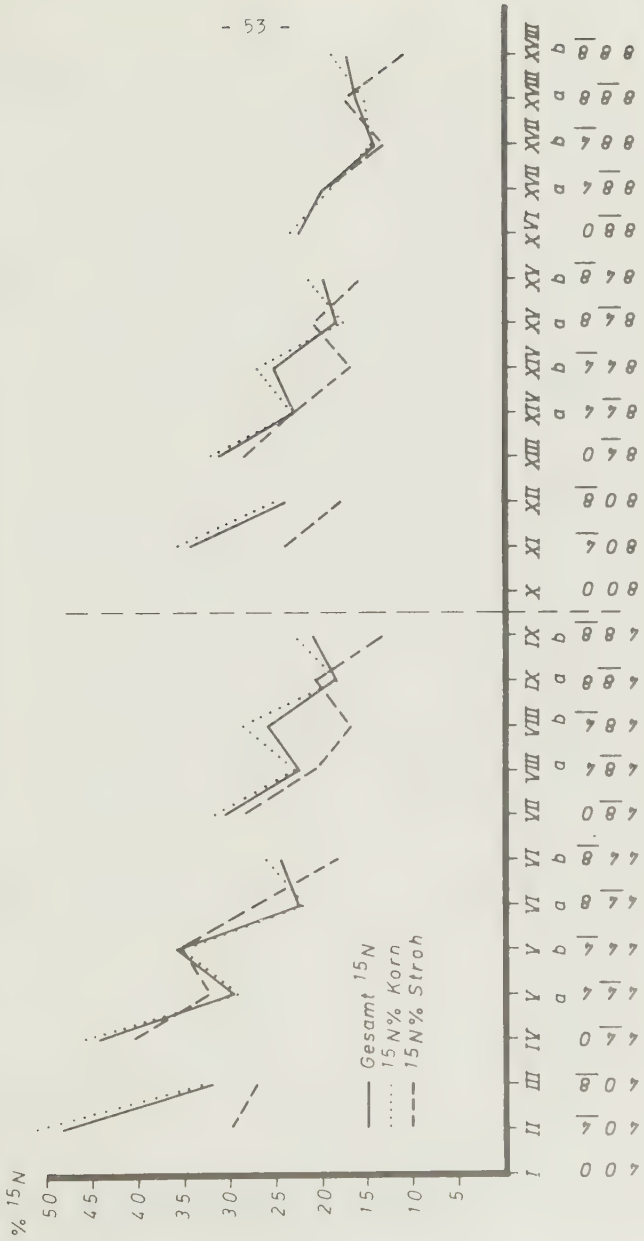
Darst 16 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den N-Entzug durch Korn u. Stroh in % vom Dünger-N



Darst 17 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben
auf den ^{15}N -Anteil in % von $^{14}+^{15}\text{N}$



Darst 18 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben
auf den 15 N-Anteil in % von 14+15 N
Dünger 15 N-400 mg



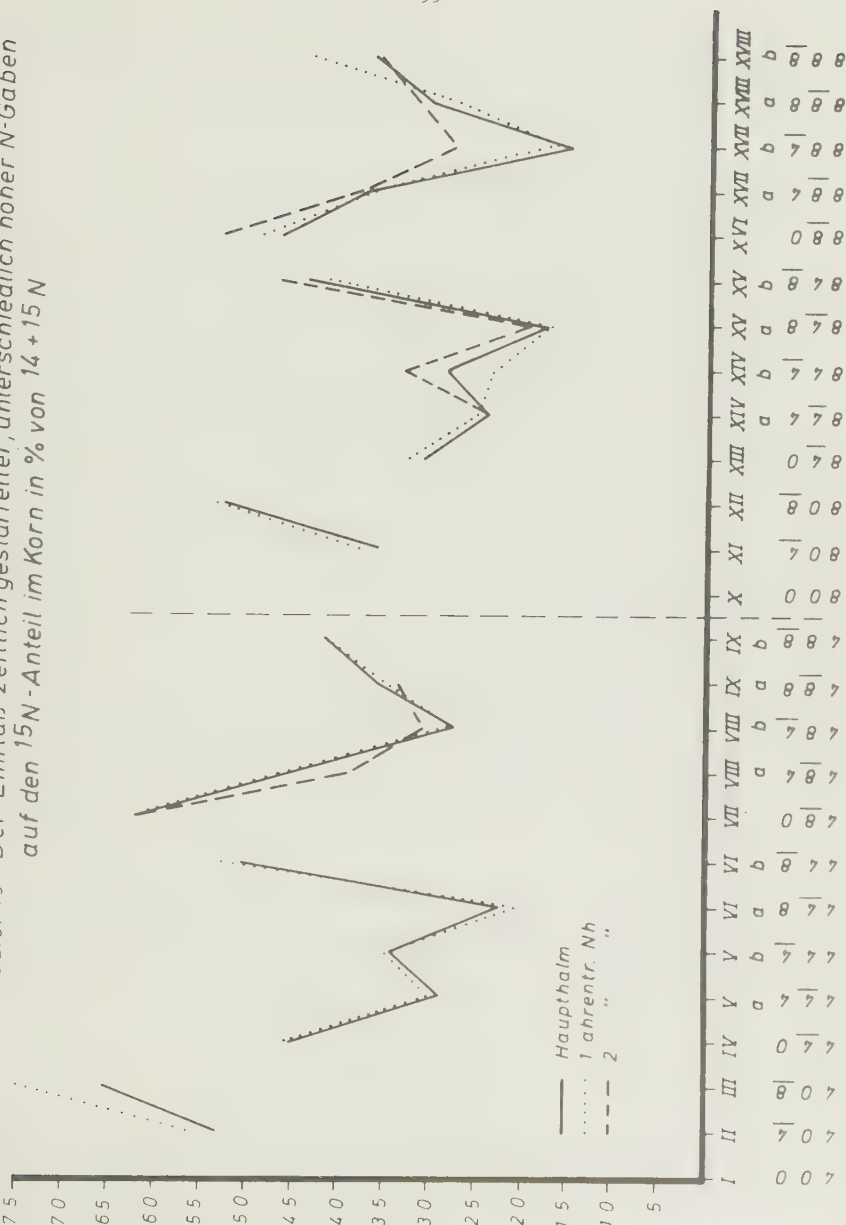
meist etwas höher als im Korn; ist die 3. N-Gabe markiert, so liegt der ^{15}N -Anteil im Korn höher als im Stroh. Bei fehlender 2. N-Gabe ist der ^{15}N -Anteil (aus der markierten 3. N-Gabe) im Korn besonders deutlich höher als im Stroh.

Durch Steigerung der N-Mengen innerhalb jedes der 3 Düngetermine wird das Verhältnis zwischen dem ^{15}N -Anteil im Korn und dem ^{15}N -Anteil im Stroh teilweise etwas verschoben, jedoch in Abhängigkeit von der Gesamt-Düngermenge unterschiedlich nach Ausmaß und Richtung. Insgesamt entsprechen diese Ergebnisse den Erwartungen.

Von besonderem Interesse ist der ^{15}N -Anteil in den Halmen unterschiedlicher Ordnungen. Beim Korn ist der ^{15}N -Anteil in den meisten Fällen in den Haupthalmkörnern etwas niedriger als in den Nebenhalmkörnern (Darst. 19). Ist ein zweiter ährentragender Nebenhalm vorhanden, so liegt der ^{15}N -Anteil in dessen Körnern meist deutlich höher als in den Körnern des Haupthalmes bzw. des ersten ährentragenden Nebenhalmes, insbesondere wenn das Ertragsoptimum erreicht oder überschritten wird. Insgesamt gesehen jedoch sind die Differenzen - zumindest zwischen den den Hauptanteil des Ertrages ausmachenden Körnern des Haupt- und ersten ährentragenden Nebenhalmes - ziemlich gering, außer bei nur sehr mäßiger N-Versorgung der jungen Pflanzen 4/0/4; 4/0/8, wo der ^{15}N -Anteil in den Körnern des ersten ährentragenden Nebenhalmes deutlich höher liegt als in den Körnern des Haupthalmes.

Betrachtet man die ^{15}N -Anteile im Korn der Haupthalme der verschiedenen Einzelpflanzenkategorien, so ergeben sich die gleichen Tendenzen für die Haupthalme aus den Kategorien A, B und C. Bei niedriger 1. N-Gabe und fehlender 2. N-Gabe weisen die Haupthalmkörner der Pflanzen mit ährenlosem Nebenhalm den niedrigsten ^{15}N -Anteil auf und die Haupthalmkörner der Pflanzen mit einem ährentragenden Nebenhalm die höchsten, während die Haupthalmkörner der Pflanzen ohne Nebenhalm eine Mittelstellung ein-

Darst 19 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den ^{15}N -Anteil im Korn in % von 14 + 15 N



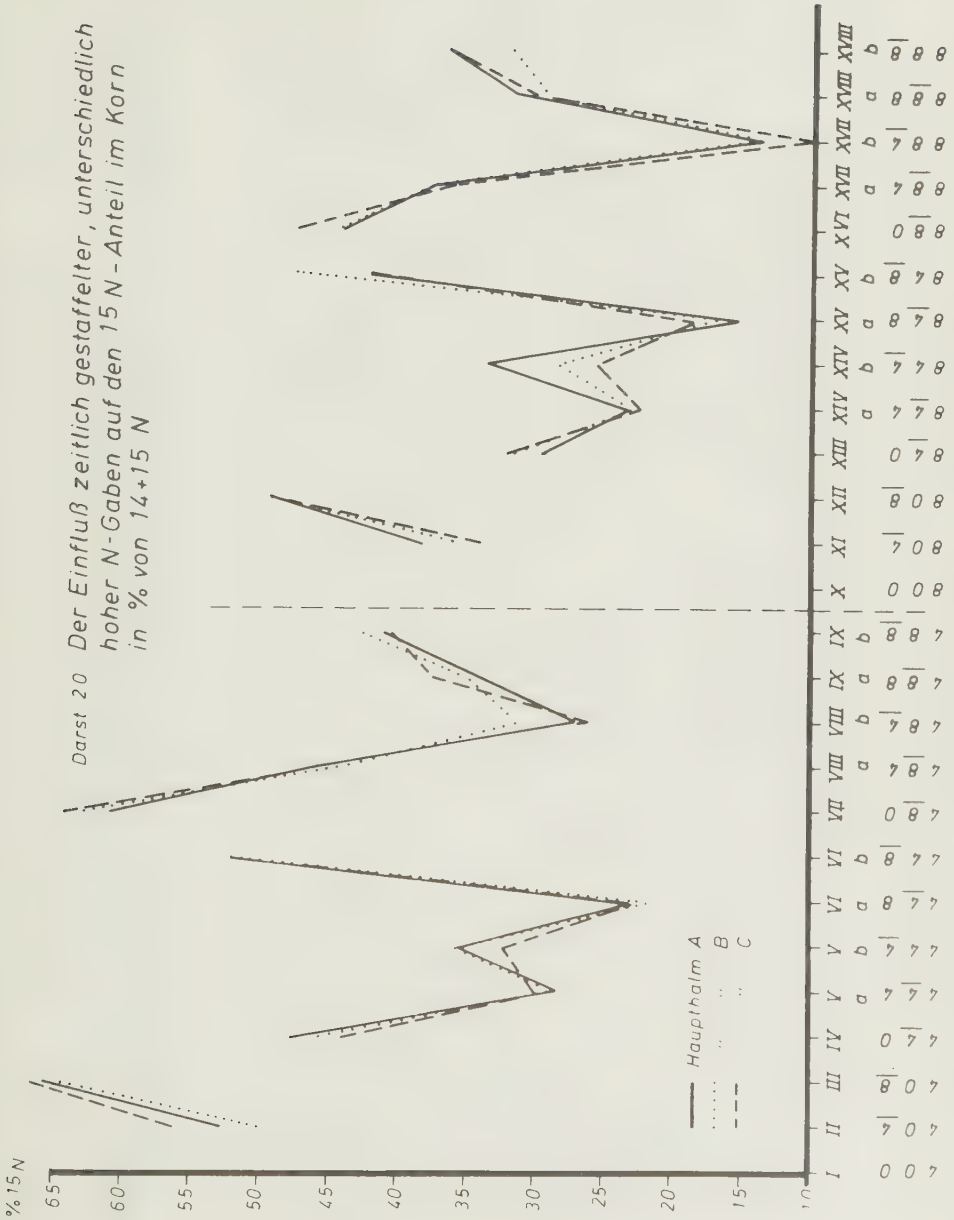
nehmen. Diese Reihenfolge verschiebt sich mit zunehmender Gesamtnährstoffgabe mehr oder weniger deutlich. Insgesamt sind die Differenzen jedoch nur in wenigen Fällen beachtlich (Darst. 20).

Ein ganz anderes Bild ergibt sich in dieser Hinsicht beim Stroh; denn hier sind die Differenzen im ^{15}N -Anteil bei den Halmen verschiedener Ordnung sehr viel größer als im Korn (Darst. 21). Insbesondere bei geringer N-Versorgung der Pflanzen, vor allem bei fehlender 2. N-Gabe, liegt der ^{15}N -Anteil im Stroh des ersten ährentragenden Nebenhalmes meist sehr viel höher als im Stroh des Haupthalmes. Bei fehlender 2. N-Gabe nimmt vor allem auch mit steigender - markierter - 3. N-Gabe der ^{15}N -Anteil im Stroh des ährenlosen Nebenhalmes sehr stark zu, und zwar nicht nur absolut, sondern auch noch relativ. Wird dagegen eine 2. N-Gabe verabreicht, so liegt der ^{15}N -Anteil aus der markierten 3. N-Gabe im ährenlosen Nebenhalm meist deutlich niedriger - insbesondere bei niedriger 1. und hoher markierter 3. N-Gabe.

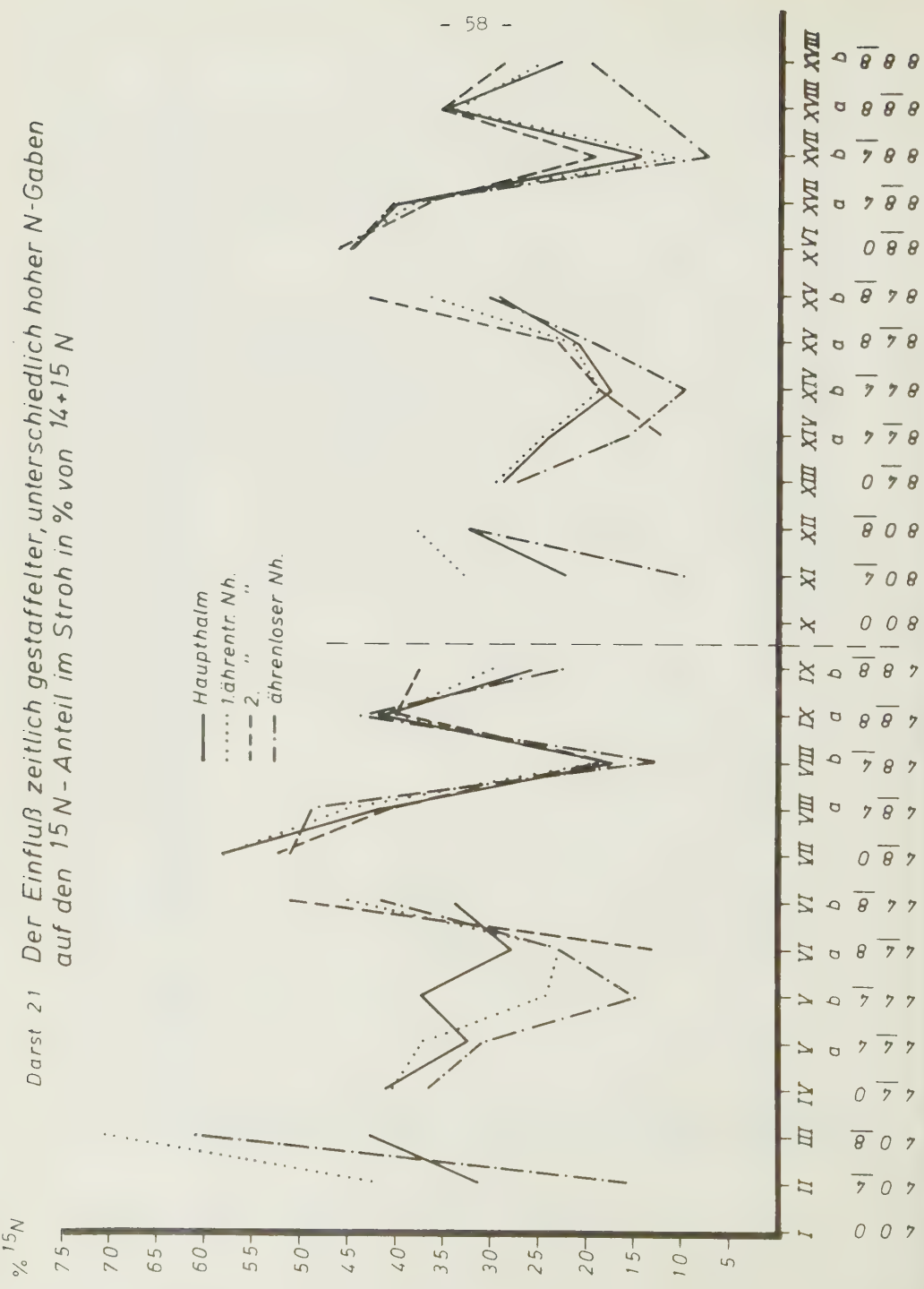
Der Entzug an ^{15}N in mg/Gefäß ist in Darst. 22 wiedergegeben. Um den Einfluß der einzelnen Gaben auf die Aufnahme des Stickstoffs aus den übrigen Gaben klarer herauszustellen, sind die entsprechenden Einzelvarianten mit ihren Aufnahmen an ^{15}N bzw. ^{14}N nochmals in folgenden Übersichten zusammengestellt:

A Untersucht man den Einfluß steigender 1. N-Gaben auf den Entzug des Stickstoffs aus der markierten 2. N-Gabe, so ergibt sich folgendes Bild:

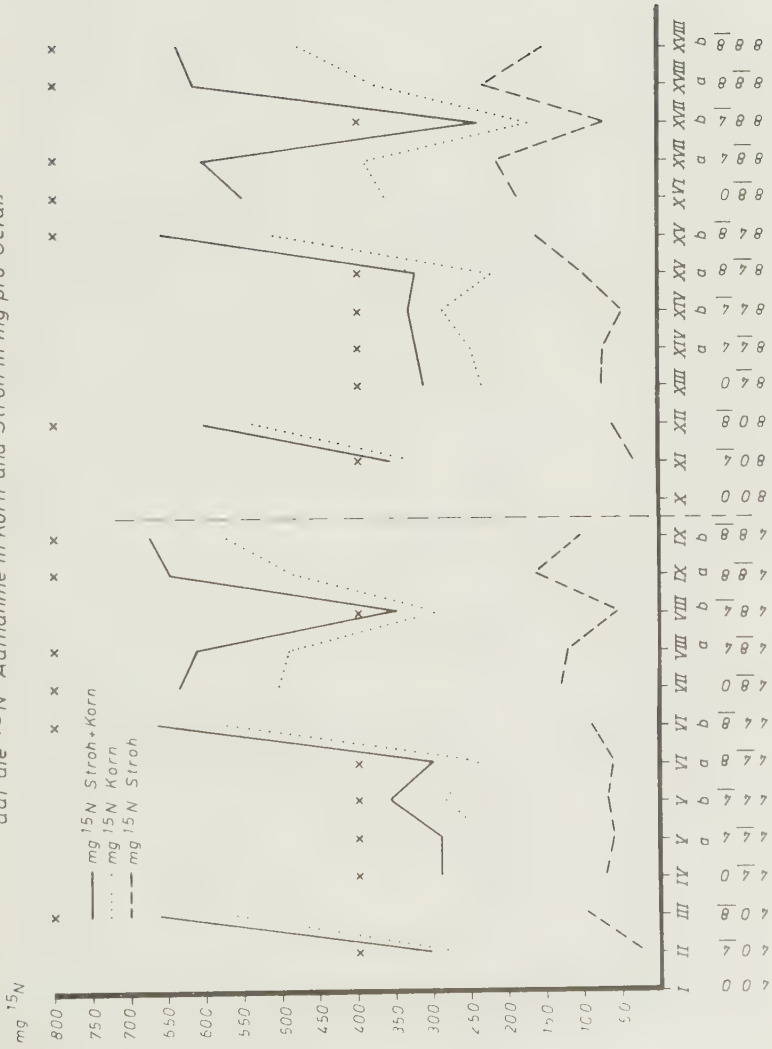
Darst 20 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den 15 N-Anteil im Korn in % von 14+15 N



Darst 21 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den ^{15}N -Anteil im Stroh in % von 14+15 N



Tab. 22 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die ^{15}N -Aufnahme in Korn und Stroh in mg pro Gefäß



Gesamt-Aufnahme an ^{15}N in mg:

4	<u>4</u>	0	=	290 mg	^{15}N	4	<u>8</u>	0	=	636 mg	^{15}N
8	<u>4</u>	0	=	309 "		8	<u>8</u>	0	=	549 "	
4	<u>4</u>	4	=	289 "		4	<u>8</u>	4	=	610 "	
8	<u>4</u>	4	=	322 "		8	<u>8</u>	4	=	606 "	
4	<u>4</u>	8	=	305 "		4	<u>8</u>	8	=	648 "	
8	<u>4</u>	8	=	319 "		8	<u>8</u>	8	=	619 "	

Wenn die 2. N-Gabe nur 0,4 g N/Gefäß beträgt, dann bewirkt eine Steigerung der 1. N-Gabe eine Erhöhung des N-Entzuges durch Korn und Stroh aus der 2. N-Gabe. Wenn die 2. N-Gabe 0,8 g N/Gefäß beträgt, dann wirkt sich die steigende 1. N-Gabe vermindernd auf den N-Entzug aus der 2. N-Gabe aus, weil 0,8 g N als 1. Gabe und 0,8 g N als 2. Gabe deutlich über dem Optimum lagen (Ertragsdepression).

- B Der Einfluß einer steigenden 2. N-Gabe auf den Entzug der 1. N-Gabe ist bei niedriger 1. N-Gabe ebenfalls positiv und bei hoher 1. N-Gabe negativ.

Gesamt-Aufnahme an ^{14}N in mg

4	<u>4</u>	0	=	363 mg	^{14}N	8	<u>4</u>	0	=	685 mg	^{14}N
4	<u>8</u>	0	=	388 "		8	<u>8</u>	0	=	627 "	

- C Der Einfluß einer steigenden 1. N-Gabe auf den Entzug des Stickstoffs aus der 3. Gabe ergibt sich aus folgender Übersicht:

Gesamt-Aufnahme an ^{15}N in mg

4	0	<u>4</u>	=	304 mg	^{15}N	4	0	<u>8</u>	=	663 mg	^{15}N
8	0	<u>4</u>	=	355 "		8	0	<u>8</u>	=	607 "	
4	4	<u>4</u>	=	355 "		4	4	<u>8</u>	=	664 "	
8	4	<u>4</u>	=	332 "		8	4	<u>8</u>	=	665 "	
4	8	<u>4</u>	=	348 "		4	8	<u>8</u>	=	684 "	
8	8	<u>4</u>	=	236 "		8	8	<u>8</u>	=	637 "	

Bei fehlender 2. N-Gabe ist - zumindest bei niedriger 3. N-Gabe - der Entzug aus der 3. N-Gabe mit steigender 1. N-Gabe erhöht, bei Verabfolgung einer 2. N-Gabe aber zum Teil nur gering, zum Teil auch sehr stark gesenkt, weil zu hohe 1. und 2. N-Gaben zu deutlichen Ertragsdepressionen führen.

- D Dementsprechend wirkt auch eine steigende 2. N-Gabe positiv oder zumindest nicht vermindernd auf den N-Entzug aus der 3. N-Gabe, wenn die 1. N-Gabe niedrig war. Bei hoher 1. N-Gabe dagegen ergibt sich wieder ein anderes Bild: die steigende 2. N-Gabe führt zu einer deutlichen Verminderung des N-Entzuges aus der 3. N-Gabe, wenn die 3. N-Gabe niedrig ist, dagegen nicht, wenn die 3. N-Gabe hoch ist.

Gesamt-Entzug an ^{15}N in mg

4	0	<u>4</u>	=	304 mg	^{15}N	4	0	<u>8</u>	=	663 mg	^{15}N
4	4	<u>4</u>	=	355 "		4	8	<u>8</u>	=	664 "	
4	8	<u>4</u>	=	348 "		4	8	<u>8</u>	=	684 "	
8	0	<u>4</u>	=	355 "		8	0	<u>8</u>	=	607 "	
8	4	<u>4</u>	=	332 "		8	4	<u>8</u>	=	665 "	
8	8	<u>4</u>	=	236 "		8	8	<u>8</u>	=	637 "	

- E Der Einfluß steigender 2. N-Gaben auf den Entzug der 1. und 3. N-Gabe ist bei niedriger 1. N-Gabe positiv, bei hoher 1. N-Gabe negativ.

Gesamt-Entzug an ^{14}N in mg

4	<u>4</u>	4	=	691 mg	^{14}N	8	<u>4</u>	4	=	1072 mg	^{14}N
4	<u>8</u>	4	=	756 "		8	<u>8</u>	4	=	1001 "	
4	<u>4</u>	8	=	1034 "		8	<u>4</u>	8	=	1439 "	
4	<u>8</u>	8	=	1105 "		8	<u>8</u>	8	=	1179 "	

- F Der Einfluß steigender 3. N-Gaben auf den Entzug des Stickstoffs der 1. Gabe ist bei niedriger 1. N-Gabe und fehlender 2. N-Gabe wiederum positiv (deutlich gestiegene Erträge), und bei 0,8 g N als 1. Gabe ist kein deutlicher Einfluß festzustellen.

Gesamt-Entzug an ^{14}N in mg

4	0	<u>4</u>	=	323 mg	^{14}N	8	0	<u>4</u>	=	671 mg	^{14}N
4	0	<u>8</u>	=	370 "		8	0	<u>8</u>	=	660 "	

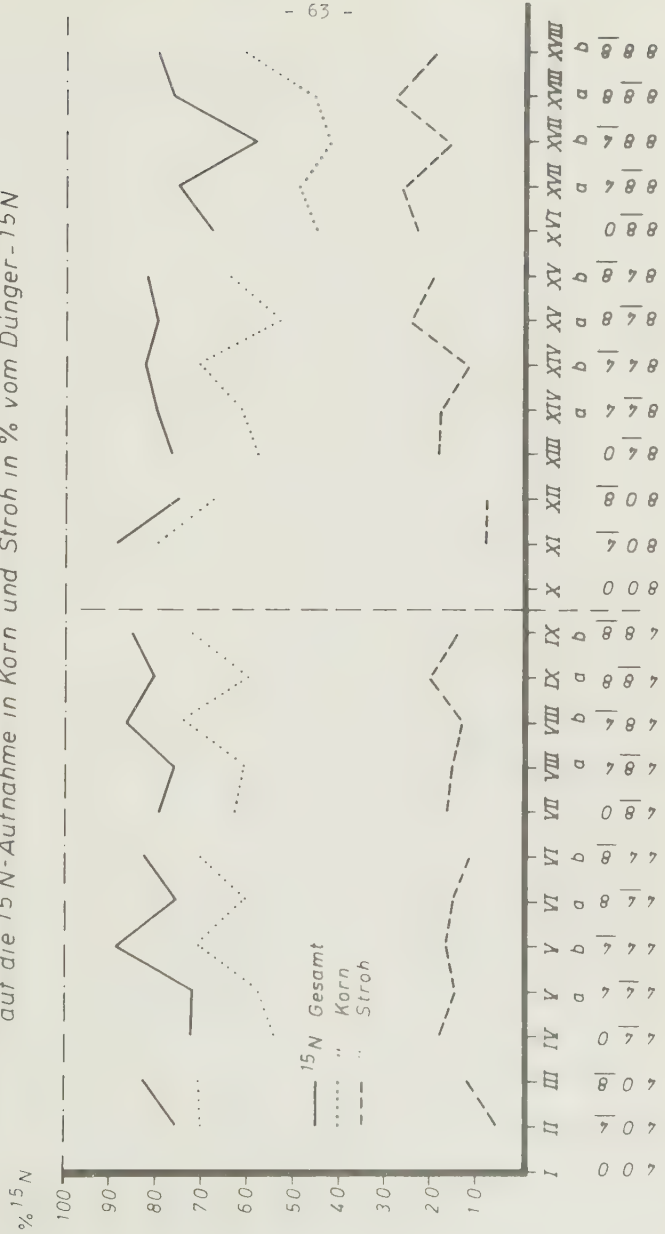
- G Auch haben steigende 3. N-Gaben einen positiven Einfluß auf den N-Entzug aus der Summe der 1. und 2. N-Gabe, solange die Erträge durch die 3. N-Gabe noch steigen.

Gesamt-Entzug an ^{14}N in mg

4	4	<u>4</u>	=	646 mg	^{14}N	8	4	<u>4</u>	=	996 mg	^{14}N
4	4	<u>8</u>	=	689 "		8	4	<u>8</u>	=	991 "	
4	8	<u>4</u>	=	994 "		8	8	<u>4</u>	=	1455 "	
4	8	<u>8</u>	=	901 "		8	8	<u>8</u>	=	1256 "	

Schließlich interessiert noch die Verwertung des Dünger ^{15}N aus den 2. und 3. N-Gaben durch Korn und Stroh (Darst. 23). Insgesamt werden zwischen 70 und 90 % des Dünger ^{15}N aus der 2. und 3. N-Gabe aufgenommen; nur bei den Varianten mit hohen 1. und hohen 2. N-Gaben, die bereits deutliche Ertragsdepressionen zeigen, liegt die Ausnutzung zum Teil unter 70 %. Der Anteil des Strohes beträgt dabei zwischen 6 und 20 %, und nur bei den Varianten mit starken Ertragsdepressionen im Korn steigt der Anteil des Strohes bis auf 30 %. Analog zu den ^{15}N -Anteilen am Gesamt-N in der Pflanze ist die ^{15}N -Ausnutzung bei markierter 3. N-Gabe insgesamt etwas höher als bei markierter 2. N-Gabe. Dieselbe Tendenz zeigt in noch ausgeprägterem Maße die ^{15}N -Ausnutzung durch das Korn, während die Ausnutzung durch das Stroh umgekehrt bei markierter 2. N-Gabe höher liegt als bei markierter 3. N-Gabe.

Darst 23 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die 15 N-Aufnahme in Korn und Stroh in % vom Dünger-15N



3. Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse

Das Ertragsoptimum liegt in diesem Sandkultur-Gefäßversuch bei den Varianten, die als 1. und 2. N-Gabe zusammen 1,2 g N/Gefäß erhielten. Zwar sind die Ertragsdifferenzen zwischen den Varianten, die 0,4 + 0,8 g N, und denen, die 0,8 und 0,4 g N in den ersten beiden Gaben, erhielten, nicht gesichert, in der Tendenz deuten sich jedoch etwas höhere Erträge bei der ersteren N-Verteilung an (vergleiche auch LINSER,1960). Eine Düngung mit 0,4 + 0,4 g N bzw. mit 0,8 + 0,0 g N führt nur dann zu ähnlich hohen Erträgen wie bei den vorgenannten Varianten, wenn eine 3. N-Gabe in Höhe von 0,4 oder 0,8 g N folgt. Eine unzureichende N-Versorgung in der 1. und 2. Gabe wirkt sich sowohl über die Ährenzahl als auch besonders stark über die Kornzahl/Ähre negativ auf den Kornertrag aus, wie das auch aus vielen früheren Beobachtungen bekannt ist. (HÄNSEL,1956; BROUWER, SCHRIMPF u. TAHERI,1961; EWALD,1965; JAHN-DEESBACH u. WEIPERT 1965; VETTER u. TEUTEBERG,1967; HANNA,1967).

Bei nur mäßiger N-Versorgung der Pflanze durch die 1. und 2. N-Gabe beträgt der Ertragsanteil der Nebenhalm in diesem Gefäßversuch weniger als 10 %, bei guter N-Versorgung dagegen bis zu 25 %. In einem Feldbestand dürften die entsprechenden Ertragsanteile der Nebenhalm zweifellos noch weit niedriger liegen. Die bei über dem Optimum liegenden N-Gaben festgestellten Ertragsdepressionen betreffen ausschließlich den Ertragsanteil der Haupthalme. Dabei wird die Leistung des Einzelhaupthalmes sehr stark gedrückt und auch die Leistung des Einzelnebenhalmes wird verringert, jedoch wird die Anzahl der ährentragenden Nebenhalm in gleicher Weise erhöht, so daß der Anteil des Nebenhalmes am Gesamtertrag gleichbleibt. Der "Schädigungsfaktor" hoher N-Gaben wirkt sich also auf alle Einzelhalme aus.

Der Einfluß steigender 3. N-Gaben auf den Ertrag und den Ertragsaufbau ist um so geringer, je höher die früheren N-Gaben sind. Bei zu niedrigen ersten N-Gaben kann ihr positiver Einfluß sehr stark sein- und zwar insbe-

sondere über eine Erhöhung der Kornzahl/Ähre und Kornzahl/Ährchen sowie das Tausend-Korn-Gewicht (siehe auch: HÄNSEL, 1956; BROUWER, SCHRIMPF u. TAHERI, 1961; BOEKHOLT, KÜRTEN u. SEIBEL, 1962; BOEKHOLT, 1963; BELGER, 1965; EWALD, 1965; JAHN-DEESBACH u. WEIPERT, 1965; GÜNZEL, 1968).

Vergleicht man die Ertragsmorphologie der Haupthalme der verschiedenen Einzelpflanzenkategorien A-D, so finden sich die höchsten Werte für die Einzelährenenerträge, die Kornzahlen/Ähre und die Tausend-Korn-Gewichte bei den Haupthalmen der Kategorie B (Pflanzen mit Haupthalm und ährenlosem Nebenhalm). Nicht entschieden werden kann die Frage, ob das Vorhandensein des ährenlosen Nebenhalmes die Ursache für die gute Ertragsleistung der Haupthalme dieser Kategorie ist oder ob das Vorhandensein dieses ährenlosen Nebenhalmes mit verursacht wird von denselben Faktoren, die den hohen Ertrag bedingen. Sehr typisch ist auch die geringe Leistung der Pflanzen, die nur aus einem Haupthalm bestehen, wobei wiederum die Frage offen bleiben muß, ob das Fehlen von Nebenhalmen Ursache oder Wirkung ist. Interessante Hinweise in dieser Richtung würden sich sicherlich ergeben, wenn der Platz dieser Pflanzen im Gefäß bekannt ist. Leider können aus den vorliegenden Versuchen keine sicheren Angaben gemacht werden, wo die einzelnen Pflanzenkategorien im Gefäß - d. h. in der Gefäßmitte oder mehr am Rande des Gefäßes - gewachsen sind.

Die N-Gehalte im Korn sind durch steigende 1. N-Gaben nur geringfügig erhöht, und steigende 2. N-Gaben führen auch nur dann zu einer stärkeren Erhöhung des N-Gehaltes, wenn die 1. N-Gabe schon relativ hoch ist.

Eine wesentliche Erhöhung im N-Gehalt des Kornes wird auch in diesem Versuch nur durch entsprechend hohe 3. N-Gaben erreicht. Insgesamt sind dabei die Differenzen zwischen den N-Gehalten der Haupthalkörner und denen der Nebenhalkörner nicht sehr groß, trotzdem ist folgender Trend nicht zu übersehen: mit steigender N-Gabe und insbesondere mit steigender später N-Gabe wird der N-Gehalt im Korn der Nebenhalm deutlich stärker erhöht

als im Korn der Haupthalme, so daß bei niedriger N-Versorgung bzw. bei fehlender 3. N-Gabe die N-Gehalte der Haupthalme meist etwas höher liegen als die der Nebenthalme und bei hoher N-Versorgung bzw. hoher 3. N-Gabe die N-Gehalte im Korn der Nebenthalme höher liegen als diejenigen im Korn der Haupthalme (siehe auch JAHN-DEESBACH, 1967). Besonders im Bereich starker Depressionen (Varianten mit hoher 1. und 2. N-Gabe und zusätzlicher 3. N-Gabe) zeigen die Haupthalmkörner niedrigere N-Gehalte als die Nebthalmkörner. Zwar steigen die absoluten Gehalte auch in den Haupthalmen noch stark an, aber nicht so stark wie in den Nebenthalmen. Dieses könnte resultieren aus dem stärkeren Wirksamwerden des Schädigungsfaktors bei den Haupthalmen oder aber aus der späteren physiologischen Abreife der Nebenthalme. Im N-Gehalt der Haupthalmkörner der verschiedenen Einzelpflanzenkategorien lassen sich keine gesicherten Unterschiede erkennen.

Die eingangs geäußerte Vermutung, daß das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Nebenthalmen auch die N-Einlagerung und damit die N-bedingten Qualitätsmerkmale der Körner der Haupthalme beeinflußt, erscheint demnach unbegründet.

Unberührt davon bleibt aber die Tatsache, daß ein anderes wichtiges Qualitätsmerkmal, nämlich das Tausend-Korn-Gewicht der Haupthalmkörner bei Vorhandensein eines Nebenthalmes etwas höher ist. Überdeckt wird dieser Einfluß aber bei der Gesamternte dadurch, daß wiederum die Tausend-Korn-Gewichte der Nebthalmkörner sehr viel niedriger liegen, so daß im Endeffekt das Vorhandensein von Nebenthalmen zu einem merklich verringerten Tausend-Korn-Gewicht in der Gesamtkornernte führt.

Hinsichtlich der N-Gehalte im Stroh muß noch einmal hervorgehoben werden, daß die N-Gehalte in den Nebenthalmen - vor allem in den ährenlosen Nebenthalmen (weil keine Ähre vorhanden?) - generell höher sind als in den Haupthalmen. Besonders wichtig erscheint dabei die Feststellung, daß die N-Gehalte im Stroh der ährentragenden Nebenthalme besonders dann sehr viel

höher als im Stroh der Haupthalme ist, wenn keine 2. N-Gabe gegeben wird und aber eine 3. N-Gabe folgt. Die Ursache dafür könnte darin zu suchen sein, daß eine fehlende 2. N-Gabe zu einer verminderten Anlage von generativen Organen führt, so daß dann auch die Ableitung des aufgenommenen Stickstoffs aus dem Stroh ins Korn behindert ist.

Nach dieser zusammenfassenden Darlegung der Ergebnisse über Ertrag und N-Gehalte soll nunmehr die eigentliche Versuchsfragestellung, nämlich die Einlagerung markierten Stickstoffs aus zeitlich verschiedenen Gaben, erörtert werden. Zunächst einmal zeigt sich sehr deutlich, daß der mit einer 2. markierten Gabe gegebene Stickstoff viel stärker ins Stroh eingelagert wird, während der Stickstoff aus einer 3. Gabe in sehr viel stärkerem Maße direkt ins Korn eingelagert wird. Aber auch Stickstoff aus der 3. Gabe wird in beträchtlichen Mengen ins Stroh (und in die Wurzeln) eingelagert, dafür aber Stickstoff aus der 1. und 2. Gabe ins Korn umgelagert. Zum Beispiel liegt bei der Variante mit der N-Verteilung $0,4 + \underline{0,8} + 0,8$ g N/Gefäß der ^{15}N -Anteil aus der markierten 2. Gabe im Stroh bei 41 % und im Korn bei 35 %. Dagegen steigt bei der Variante $0,4 + 0,8 + \underline{0,8}$ g N/Gefäß der ^{15}N -Anteil aus der markierten 3. Gabe im Korn auf 46 %, während er im Stroh auf 25 % abfällt. Der bei markierter 3. N-Gabe doch noch relativ hohe ^{15}N -Gehalt im Stroh weist auf eine Verdrängung des Stickstoffs aus der 1. und 2. Gabe durch den Stickstoff aus der 3. Gabe hin. Daß neben der vorwiegenden direkten Einlagerung des Stickstoffs aus der 3. Gabe ins Korn auch eine Verdrängung der 1. und 2. N-Gaben aus den Wurzeln erfolgt, geht aus folgenden Zahlen hervor: Bei gleich hohen Gesamt-N-Gehalten in den Wurzeln der Varianten $0,4 + 0,0 + \underline{0,4}$ und $0,4 + \underline{0,4} + 0,0$ g N/Gefäß liegt der ^{15}N -Anteil wie beim Stroh bei der letzteren Variante höher und zwar bei 31 %, doch der ^{15}N -Anteil der ersten Variante in Höhe von 27 % kann nur durch einen Austausch des Stickstoffs der 1. Gabe durch die 3. Gabe erklärt werden. Dieselben Beobachtungen können bei dem Vergleich der Varianten $0,4 + \underline{0,4} + 0,4$ und $0,4 + 0,4 + \underline{0,4}$ gemacht werden. Hier liegen wiederum in den Wurzeln bei gleichen Gesamt-N-Gehalten die ^{15}N -Anteile bei 24,5 % bzw. 18,5 %.

Auch MICHAEL, FAUST u. BLUME (1960) und MICHAEL u. FAUST (1961) beobachten bei ihren Versuchen mit markiertem Stickstoff durch Zeiternten sowohl eine direkte Einlagerung der späten N-Gaben in das Korn, als auch eine Verdrängung früher im Stroh eingebauten Stickstoffs durch späte N-Gaben und damit eine Umlagerung des Stickstoffs aus frühen Gaben aus dem Stroh ins Korn.

Detaillierte Untersuchungen über die Einlagerung spät gegebener N-Gaben in die einzelnen Teile der Getreidepflanze liegen zwar vor - so zum Beispiel von MICHAEL, FAUST u. BLUME bei Gerste (1960). Darüber, wie diese Einlagerung aber im einzelnen modifiziert wird durch die Höhe der vorhergehenden N-Gaben und durch das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von ährenlosen oder ährentragenden Nebenhalmern, war bisher kaum etwas bekannt.

Insgesamt gesehen treten bei der ^{15}N -Einlagerung in die Haupt- und Nebenhalmke keine großen Unterschiede auf - mit Ausnahme der Varianten mit niedriger 1. und fehlender 2. N-Gabe. Die verstärkte Einlagerung von markiertem Stickstoff aus der 3. N-Gabe bei geringer vorheriger N-Versorgung ins Korn der ersten ährentragenden Nebenhalmke gegenüber der Einlagerung ins Korn der Haupthalme ist durch die geringere und vor allem spätere Ausbildung generativer Organe dieser Nebenhalmke zu erklären. MICHAEL, FAUST u. BLUME (1960) machten diese Beobachtung ebenfalls und führen den niedrigeren ^{15}N -Anteil in den Körnern der zuerst angelegten Ähren - d. h. der Ähren der Haupthalme - auf eine Verdünnung des im Korn eingelagerten ^{15}N durch die ^{14}N -Reserve des Halmes zurück, während der ^{15}N -Anteil in den später angelegten Körnern der Nebenhalmke nicht mehr durch eine Verlagerung der ^{14}N -Reserve des Halmes gesenkt wird. Bei steigender N-Versorgung der Pflanzen verwischen sich diese Unterschiede zwischen den Haupt- und ersten ährentragenden Nebenhalmern. Sind jedoch zweite ährentragende Nebenhalmke vorhanden, treten hier wieder größere Differenzen auf mit dem Trend, daß diese Nebenhalmke auf eine markierte 2. N-Gabe

mit niedrigeren ^{15}N -Anteilen und auf eine markierte 3. N-Gabe mit höheren ^{15}N -Anteilen, verglichen mit den ^{15}N -Gehalten der Haupt- und ersten ährentragenden Nebenhalm, reagieren. Die höheren ^{15}N -Anteile in den Körnern der 2. ährentragenden Nebenhalm aus der markierten 3. N-Gabe lassen sich wiederum durch eine spätere Ausbildung dieser Körner und damit geringere Verdünnung mit ^{14}N aus dem Stroh begründen, während umgekehrt die niedrigeren ^{15}N -Anteile aus der markierten 2. N-Gabe auf eine verminderte ^{15}N -Umlagerung aus dem Stroh in das Korn zurückzuführen sind. Die hohen ^{15}N -Gehalte im Korn der ersten (bei niedriger 1. und fehlender 2. N-Gabe) bzw. zweiten ährentragenden Nebenhalm scheinen aber nicht nur durch eine verminderte Umlagerung von ^{14}N aus dem Halm ins Korn bedingt zu sein, sondern daneben auch durch eine länger anhaltende N-Aufnahme aus der markierten 3. N-Gabe in die länger physiologisch aktiv bleibenden Nebenhalm, wie das auch aus den höheren ^{15}N -Anteilen im Stroh dieser Nebenhalm hervorgeht.

Beim Vergleich der ^{15}N -Anteile im Korn der Haupthalm der verschiedenen Einzelpflanzenkategorien kann man, sofern überhaupt Differenzen auftreten, keine eindeutige Tendenz erkennen. Demnach scheint es also für die N-Einlagerung in die Haupthalm - wie auch aus den gleichen Gesamt-N-Gehalten hervorgeht - nicht entscheidend zu sein, ob Nebenhalm vorhanden sind oder nicht.

Im Gegensatz zum Korn treten bei den ^{15}N -Gehalten im Stroh der Haupt- und Nebenhalm zum Teil deutliche Unterschiede auf. Auffallend ist der größere Anstieg des ^{15}N -Anteils (aus der 3. N-Gabe) in den ersten ährentragenden und ährenlosen Nebenhalm bei niedriger 1. und fehlender 2. N-Gabe. Auch bei den Varianten mit hoher erster und fehlender 2. N-Gabe ergibt sich das gleiche Bild. Dieser besonders hohe Anstieg des ^{15}N -Anteils im Nebenhalm erklärt sich aus der nach vorausgehendem N-Mangel verstärkten und länger anhaltenden Aufnahme von markiertem Stickstoff aus der 3. N-Gabe (siehe auch oben) und aus der fehlenden Verlagerung.

Wird nun aber eine 2. N-Gabe gegeben, so treten sowohl bei niedriger 1. als auch bei hoher 1. N-Gabe durch eine markierte 3. N-Gabe Abnahmen im ^{15}N -Gehalt des Strohes auf, und zwar in allen Haupt- und Nebenhalm, besonders stark aber im Stroh der ährenlosen Nebenhalm. Während dieser Abfall im ^{15}N -Gehalt in den Haupt- und ährentragenden Nebenhalm durch eine vorwiegend direkte N-Einlagerung aus der 3. Gabe in das Korn verursacht wird, kann der Abfall des ^{15}N -Gehaltes im ährenlosen Nebenhalm nur durch eine verminderte N-Aufnahme aus der 3. Gabe verursacht werden, wenn eine 2. N-Gabe gegeben ist. Es stehen sich also beim Stroh des ährenlosen Nebenhalmes eine starke Erhöhung des Gesamt-N-Gehaltes bei steigender 3. N-Gabe und ein Abfall des ^{15}N -Anteils aus der markierten 3. N-Gabe gegenüber.

Demnach kann dieser starke Anstieg des Gesamt-N-Gehaltes nicht auf einer verstärkten N-Einlagerung aus der 3. N-Gabe beruhen - durch die 2. N-Gabe ist der ährenlose Nebenhalm mit Stickstoff aufgefüllt und nimmt daher aus der 3. N-Gabe nur wenig Stickstoff auf -, sondern muß vielmehr durch eine verminderte N-Verlagerung aus dem Stroh des ährenlosen Nebenhalmes erklärt werden.

An dieser Stelle bleibt die Frage offen - wenn schon bis zum Ende der Reife keine wesentliche N-Verlagerung aus dem Stroh des ährenlosen Nebenhalmes in den Haupthalm beobachtet werden kann -, wie der ährenlose Nebenhalm zu einer Ertragssteigerung seines Haupthalmes beitragen kann, da dieser im Vergleich zu den anderen Haupthalmen durch einen größeren Einzelähren-ertrag, höhere Kornzahl und größeres Tausend-Korn-Gewicht auffällt. Späteren Versuchen bleibt es vorbehalten, zu untersuchen, ob eventuell eine größere Verlagerung von Assimilaten aus dem ährenlosen Nebenhalm in den Haupthalm erfolgt.

Die Feststellung, daß vorausgehende N-Gaben die Aufnahme der nachfolgenden beeinflussen kann, ist verständlich. So ist zum Beispiel die positive Wirkung der steigenden 1. N-Gabe auf die Aufnahme der 2. N-Gabe - wenn

diese bei 0,4 g/Gefäß liegt - auf eine verbesserte Ausbildung von Halmen und Ähren und damit größere Möglichkeit der N-Aufnahme zurückzuführen. Werden aber 0,8 g N/Gefäß als 2. Gabe verabreicht, so bringt die hohe 1. N-Gabe im Vergleich zur niedrigen 1. N-Gabe verminderte Aufnahmen aus der 2. Gabe mit sich, da hohe 1. und 2. N-Gaben schon Ertragsdepressionen bewirken.

Zur Modifizierung der Einlagerung der 3. N-Gabe durch die Höhe der 1. und 2. N-Gaben ist folgendes zu sagen: Solange durch die Höhe der 1. und 2. N-Gaben keine Schädigungen und damit Ertragsdepressionen auftreten, wirken sich steigende 1. und 2. N-Gaben positiv auf die N-Aufnahme aus der 3. Gabe aus. Zum Beispiel erfolgt bei steigender 1. und fehlender 2. N-Gabe eine vermehrte N-Aufnahme aus der 3. N-Gabe (wenn letztere 0,4 g N/Gefäß beträgt). Ebenso wirkt sich eine steigende 2. N-Gabe bei niedriger 1. N-Gabe günstig auf die Aufnahme der 3. N-Gabe aus.

Wie nun aber die Höhe der 2. N-Gabe bzw. der 3. N-Gabe rückwirkend die Aufnahme der 1. N-Gabe beeinflussen kann, erschien zunächst fraglich. Die Bestimmung des N-Gehaltes sowie des ¹⁵N-Anteils am Gesamt-N in den Wurzeln bringt eine Erklärung für die scheinbar steigende Ausnutzung der 1. N-Gabe durch eine erhöhte 2. bzw. 3. N-Gabe besonders bei niedriger 1. N-Gabe. Und zwar wird ein Teil des aus der 1. N-Gabe stammenden Stickstoffs in der Wurzel durch markierten Stickstoff aus der 3. N-Gabe ersetzt, wodurch in den oberirdischen Pflanzenteilen mehr ¹⁴N aus der 1. Gabe erscheint und eine bessere Aufnahme vorgetäuscht wird.

Aus den geschilderten Verdrängungen früher N-Gaben durch später verabreichte N-Gaben kann man endlich auch folgern, daß durch hohe 3. N-Gaben mehr Stickstoff in die Körner gebracht wird, als zunächst aus den ¹⁵N-Gehalten der Körner (aus der markierten 3. N-Gabe) zu entnehmen ist, da durch ¹⁵N aus der 3. N-Gabe ¹⁴N aus dem Halm verdrängt wird. Inwieweit dieser Austausch auch im Boden stattfindet, bleibt noch zu klären. Anzunehmen ist aber bei stärker absorbierenden Böden auch hier eine bemerkenswerte Verdrängung von früheren durch spätere N-Gaben.

B. Gefäßversuch 1967

Nachdem in der oben beschriebenen ersten Gefäßversuchsreihe mit Hilfe von markiertem Stickstoff die Verteilung der aus zeitlich gestaffelten und unterschiedlich hohen Düngergaben stammenden Stickstoffs in der Weizenpflanze untersucht und die Untersuchungsergebnisse über die Erträge, Ertragsanalyse, N-Gehalte im Korn und Stroh der Pflanzenkategorien A bis D (Einteilung nach Vorhandensein von Nebenhalmern), ^{15}N -Anteile im Korn und Stroh der Pflanzenkategorien A bis D und der Beeinflussung des N-Entzuges durch steigende 1., 2. bzw. 3. N-Gaben dargelegt wurden, sollte nun in einer zweiten Gefäßversuchsreihe geprüft werden, inwieweit die beschriebenen Versuchsergebnisse der ersten Serie bestätigt werden. Zum anderen sollte festgestellt werden, welchen Einfluß die Bodenart auf die N-Ausnützung und die N-Verteilung in der Pflanze ausübt. Vor allem aber sollte untersucht werden, in welchen Mahlfractionen des Kornes einerseits und in welchen Proteinfractionen des Kornes bzw. der Mahlfractionen andererseits der markierte Stickstoff aus der 2. bzw. aus der 3. N-Gabe eingelagert wird.

1. Versuchsplan und Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials

Zur Bearbeitung der vorstehend genannten Fragen wurde als Füllung der Mitscherlich-Gefäße der Größe I neben reinem Quarzsand (6,5 kg/Gefäß) ein Boden:Sand-Gemisch (3,5 kg Sand + 3,0 kg Boden Nr. 469) gewählt. Die Sandgefäßversuchsserie wurde in 4facher und die Bodengefäßversuchsserie in 6facher Wiederholung durchgeführt.

Wie in der vorjährigen Gefäßversuchsreihe wurde die Sommerweizensorte "Opal" verwendet.

Als Grunddüngung/Gefäß wurden gegeben: 3 g CaCO_3 ; 0,5 g MgCO_3 ; 0,75 g K_2O als KCl; 0,75 g K_2O als K_2SO_4 ; 1 g P_2O_5 als $\text{Ca HPO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ (alle in fester Form beim Ansetzen der Gefäße), außerdem 10 mg Fe; 1 mg B; 5 mg

Cu; 10 mg Mn; 5 mg Zn (in Form von Lösungen, Fe von den übrigen getrennt). Die Wasserversorgung wurde bei 80 % der Wasserkapazität gehalten.

Die N-Düngung wurde - aufgeteilt in 3 Gaben zur Aussaat, bei Schoßbeginn und zum Ährenschieben - in Form einer $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ -Lösung verabreicht.

Die N-Varianten sind folgender Aufstellung zu entnehmen:

Variante	1. N-Gabe	2. N-Gabe	3. N-Gabe (in g/Gefäß)
101 Ba/Sa	0,8	<u>0,4</u>	0,4
101 Bb/Sb	0,8	0,4	<u>0,4</u>
102 Ba/Sa	0,8	<u>0,4</u>	0,8
102 Bb/Sb	0,8	0,4	<u>0,8</u>
103 Ba/Sa	0,8	<u>0,8</u>	0,4
103 Bb/Sb	0,8	0,8	<u>0,4</u>
104 Ba/Sa	0,8	<u>0,8</u>	0,8
104 Bb/Sb	0,8	0,8	<u>0,8</u>
105 Ba/Sa	1,2	<u>0,4</u>	0,4
105 Bb/Sb	1,2	0,4	<u>0,4</u>
106 Ba/Sa	1,2	<u>0,4</u>	0,8
106 Bb/Sb	1,2	0,4	<u>0,8</u>
107 Ba/Sa	1,2	<u>0,8</u>	0,0
107 Bb/Sb	1,2	0,0	<u>0,8</u>
108 Ba/Sa	1,2	<u>0,8</u>	0,4
108 Bb/Sb	1,2	0,8	<u>0,4</u>

Im Gegensatz zur vorjährigen Gefäßversuchsreihe wurde auf die Varianten mit 0,4 g N/Gefäß als 1. N-Gabe verzichtet, ebenso auf die Varianten mit fehlender 2. bzw. 3. N-Gabe mit Ausnahme bei den Varianten 107 Ba bzw. 107 Bb.

Bei der Angabe der N-Varianten in den folgenden Tabellen und Darstellun-

gen ist insofern wiederum eine Vereinfachung vorgenommen worden, als die Höhe der N-Gaben nicht mit 0,4-0,8 bzw. 1,2 g/Gefäß N, sondern nur mit 4, 8 bzw. 12 angegeben wird, wobei die unterstrichene Gabe mit ^{15}N markiert war.

Die Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials erfolgte nach den gleichen Methoden, wie sie bei der vorjährigen Versuchsreihe angewandt wurden und zwar in die Einzelpflanzenkategorien A bis D.

- A Pflanzen mit Haupthalm ohne Nebenhalm,
- B Pflanzen mit Haupthalm und ährenlosem Nebenhalm,
- C Pflanzen mit Haupthalm und 1 ährentragenden Nebenhalm,
- D Pflanzen mit Haupthalm und 2 ährentragenden Nebenhalm,
- E Pflanzen mit Haupthalm und mehr als 2 ährentragenden Nebenhalm.

Innerhalb jeder dieser Einzelpflanzenkategorien erfolgte eine weitere Aufteilung der Pflanzen in Korn und Stroh des Haupthalmes und soweit vorhanden zusätzlich in Korn und Stroh des ersten, des zweiten usw. Nebenhalmes.

2. Untersuchungsergebnisse

a) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Ertragsmorphologie

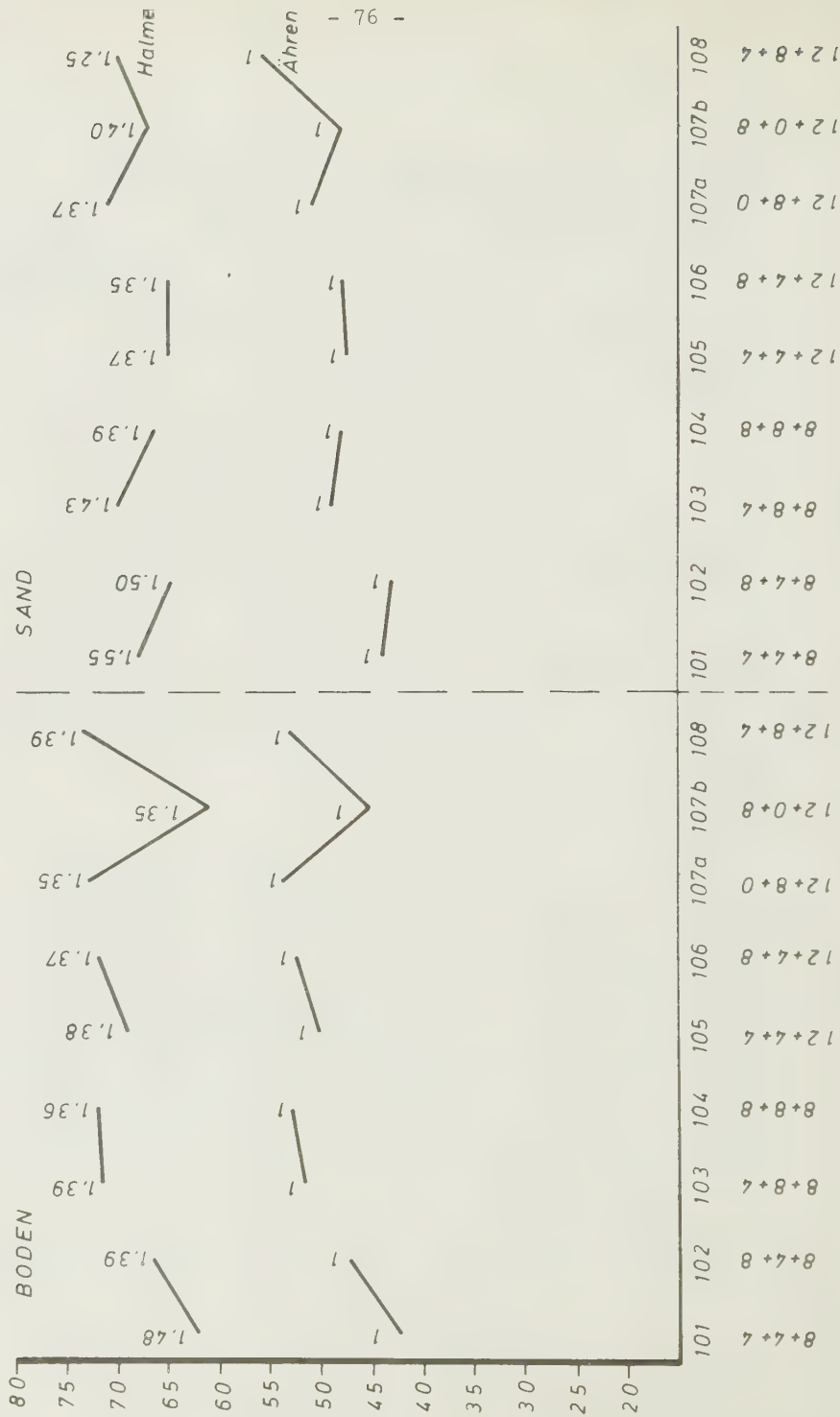
aa) Anzahl der Halme und Ähren

Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 und Darstellung 24 wiedergegeben.

Tab. 6: Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Anzahl der Pflanzen, Halme und Ähren je Gefäß

Variante	Düngung	Zahl der			Pflanzenzahl in den Einzel-				
		Pflanzen	Halme	Ähren	pflanzenkategorien				
					A	B	C	D	E
Bodengefäßreihe									
101 Ba+b	8+4+4	32	62	42	11	11	9	1	-
102 Ba+b	8+4+8	32	67	47	11	8	11	2	0,6
103 Ba+b	8+8+4	32	72	52	6	7	15	3	0,6
104 Ba+b	8+8+8	32	72	53	7	8	14	4	0,3
105 Ba+b	12+4+4	32	69	50	8	8	14	3	0,2
106 Ba+b	12+4+8	32	72	53	8	6	15	3	0,7
107 Ba	12+8+0	29	73	54	6	5	11	5	1,5
107 Bb	12+0+8	27	61	45	7	5	11	3	0,7
108 Ba+b	12+8+4	31	74	53	7	6	12	5	1
Sandgefäßreihe									
101 Sa+b	8+4+4	32	68	44	5	10	15	1	1,5
102 Sa+b	8+4+8	31	65	43	6	11	12	2	0,3
103 Sa+b	8+8+4	32	70	49	5	10	14	3	-
104 Sa+b	8+8+8	33	67	48	6	11	14	2	-
105 Sa++	12+4+4	30	65	48	3	10	12	4	0,6
106 Sa+b	12+4+8	30	65	48	4	8	14	4	-
107 Sa	12+8+0	39	71	51	3	9	11	5	1
107 Sb	12+0+8	27	67	48	4	7	12	4	0,3
108 Sa+b	12+8+4	30	70	56	3	5	16	6	0,5

Darst 24 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Anzahl der Ähren u. Halme



Bei den Bodengefäßen führt sowohl die Steigerung der 1. als auch die der 2. und 3. N-Gabe zur Erhöhung der Halm- und Ährenzahl. Bei hoher 2. N-Gabe bedingt die höhere 3. N-Gabe allerdings keine deutliche Zunahme der Halm- und Ährenzahl mehr. In den Sandgefäßen führt die Steigerung der 1. und der 2. N-Gabe zu einer Erhöhung der Halm- und Ährenzahl. Bei Steigerung der 3. N-Gabe ergibt sich bei einigen Varianten die Tendenz zu einer Abnahme der Halmzahl.

Wie stark die Halm- und Ährenzahl besonders von der Höhe der 2. N-Gabe abhängt, geht aus dem Vergleich der Varianten 12/8/0 und 12/0/8 sowohl der Boden- als auch der Sandgefäße hervor. Bei fehlender 2. N-Gabe ist eine deutliche Abnahme der Halm- und Ährenzahl zu beobachten.

Das Verhältnis zwischen der Halm- und Ährenzahl als Maß für die Beährung wird bei den Bodengefäßen durch ein relativ stärkeres Ansteigen der Ährenzahlen bei steigenden 1., 2. und 3. N-Gaben enger. Auch bei den Sandgefäßen wird infolge Erhöhung der 1., 2. und 3. N-Gaben die Beährung verbessert.

ab) Anzahl der Einzelpflanzenkategorien

Die Ergebnisse der Aufteilung des Gesamtpflanzenbestandes jedes Gefäßes in die Einzelpflanzenkategorien sind aus Tabelle 6 und Darstellung 25 zu entnehmen. Wie bereits anhand der Ergebnisse der im Vorjahr durchgeführten Gefäßversuchsreihe festgestellt werden konnte, wird auch hier bei der Sandgefäß- Reihe wiederum eine Abnahme der Anzahl der Pflanzen der Kategorie A (Pflanzen mit Haupthalm ohne Nebenhalm) durch erhöhte 1. N-Gabe bewirkt. Die Steigerung der 2. N-Gabe führt in diesem Falle zu keiner eindeutigen zahlenmäßigen Veränderung in dieser Kategorie. Dagegen führen steigende 3. N-Gaben wieder zu einer zahlenmäßigen Abnahme.

In der Bodengefäß-Reihe ist eine starke Abnahme der Pflanzen der Katego-

Darst. 25 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben
auf die Anzahl der Pflanzen der Kategorien A bis D



rie A bei steigender 1. und 2. N-Gabe zu beobachten, während sich eine erhöhte 3. N-Gabe nicht bzw. nur schwach vermehrend auswirkt.

Die Anzahl der Pflanzen der Kategorie B (Pflanzen mit Haupthalm und ährenlosem Nebenhalm) nimmt mit Erhöhung der 1. N-Gabe ab, eine Erhöhung der 2. N-Gabe wirkt sich bei der Sandgefäß-Reihe nicht deutlich aus, dagegen führt eine steigende 3. N-Gabe bei niedriger 1. N-Gabe in der Tendenz zu einem Ansteigen, bei hoher 1. N-Gabe zu einem Abfall. In der vorjährigen Sandgefäß-Reihe hatten die Pflanzen der Kategorie B auch auf die Steigerung der 2. N-Gabe mit einer Abnahme reagiert.

In der Bodengefäß-Reihe nimmt die Anzahl der Pflanzen der Kategorie B bei steigender 1. und steigender 2. N-Gabe stark ab. Eine ebenso starke Abnahme ist durch die erhöhten 3. N-Gaben bei niedriger 2. N-Gabe zu beobachten, unabhängig von der Höhe der 1. N-Gabe. Dagegen führt die hohe 3. N-Gabe bei gleichzeitig hoher 2. N-Gabe wieder zu einem Anstieg der Pflanzenzahl der Kategorie B.

Die Anzahl der Pflanzen der Kategorie C (Pflanzen mit Haupthalm und einem ährentragenden Nebenhalm) liegt bei allen Varianten absolut am höchsten. Während sie aber in der vorjährigen Gefäßversuchsreihe auf eine Steigerung der 3. N-Gabe keine Reaktion zeigte und bei Erhöhung der 2. N-Gabe eine Zunahme erfuhr, nimmt sie in den Sandgefäßvarianten des vorliegenden Versuches bei niedriger 2. und steigender 3. N-Gabe ab, dagegen bei niedriger 1. und hoher 2., außerdem auch bei sehr hoher 1. und niedriger 2. N-Gabe, zu. Der Einfluß der 2. N-Gabe auf die Pflanzenzahl der Kategorie C ist nur bei vorhergehender sehr hoher 1. N-Gabe bemerkenswert (vergleiche Variante 12/4/4 mit 11,5 und Variante 12/8/4 mit 16 Pflanzen der Kategorie C).

In den Bodengefäßen hat die Steigerung der 1. wie auch der 2. N-Gabe eine stark erhöhte Anzahl der Pflanzen der Kategorie C zur Folge. Auch die er-

höhte 3. N-Gabe wirkt sich bei vorausgehender niedriger 2. N-Gabe positiv auf die Pflanzenzahl dieser Kategorie aus.

Die Anzahl der Pflanzen der Kategorie D (Pflanzen mit Haupthalm und 2 ährentragenden Nebenhalmern) nimmt sowohl in den Sandgefäßen als auch in den Bodengefäßen bei steigenden 1., 2. und 3. N-Gaben zu.

ac) Kornertrag

Die Kornerträge sind in Tabelle 7 und Darstellung 26 wiedergegeben. Bei den Bodengefäß-Varianten mit hoher 1. und niedriger 2. N-Gabe und auch bei den Varianten mit sehr hoher 1. und niedriger 2. N-Gabe verursacht die erhöhte 3. N-Gabe eine starke Steigerung des Gesamt-Korn-Ertrages. Wird dagegen eine hohe 2. N-Gabe verabreicht, so ist die Reaktion der 3. N-Gabe nur noch schwach positiv.

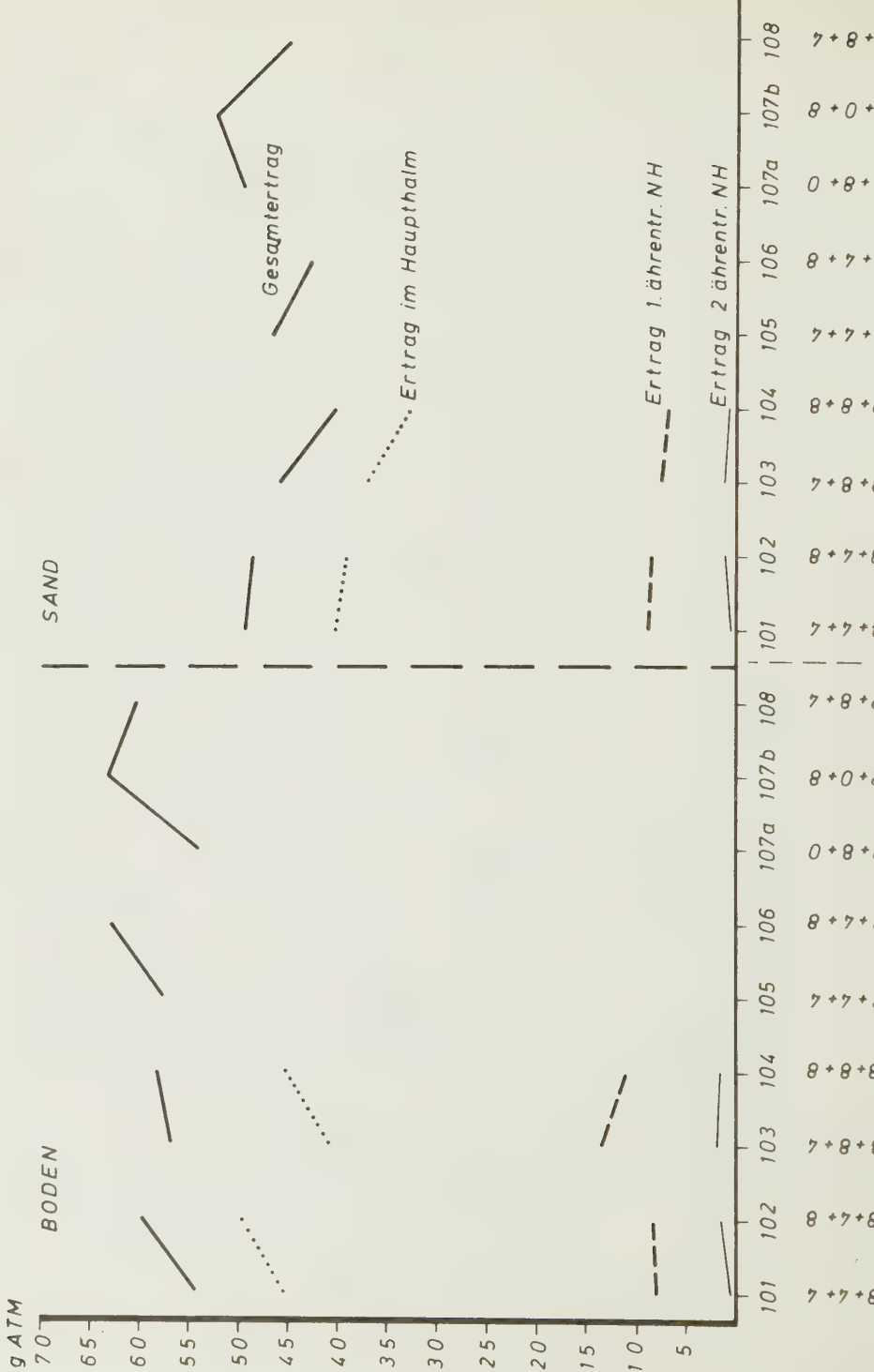
Bei den Varianten mit sehr hoher 1. und hoher 2. N-Gabe scheint das Ertragsoptimum bereits überschritten zu sein. Trotzdem kann auch in diesem Fall eine niedrige 3. N-Gabe noch zur Ertragssteigerung beitragen - vergleiche die Varianten 12/8/0 und 12/8/4. Aber die Variante 12/8/4 bleibt im Kornertrag unter dem der Variante 12/4/8. Auch beim Vergleich der Varianten 12/8/0 und 12/0/8 zeigt sich eindeutig, daß bei Verabreichung von sehr hohen 1. und hohen 2. N-Gaben Ertragsdepressionen auftreten. Werden aber die 0,8 g N als 3. Gabe (bei fehlender 2.) gegeben, wird ein gleich hoher Ertrag erreicht wie bei der Variante 12/4/8.

Betrachtet man nun die Anteile der Haupt- und Nebenhalmern am Gesamtertrag (nur bei den Varianten 101-104 festgestellt), so ist bei niedriger 2. N-Gabe eine gleichsinnig positive Reaktion der Halme verschiedener Ordnungen auf die erhöhte 3. N-Gabe festzustellen, was sich auch in dem gleichbleibenden Anteil des Haupthalmertrages am Gesamtertrag ausdrückt (Tabelle 7, Spalte 8).

Tab. 7: Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Kornerträge
(in g ATM/Gefäß)

Variante	Düngung	Haupt- halm	1. Neben- halm	2. Neben- halm	3. Neben- halm	Gesamt	Anteil des Haupt- halmes am Ges.- Ertrag in %
Bodengefäß-Reihe							
101 Ba+b	8+4+4	45,58	7,97	0,68		54,23	84,1
102 Ba+b	8+4+8	49,55	8,42	1,27	0,44	59,47	83,3
103 Ba+b	8+8+4	40,87	13,34	1,85	0,68	56,76	72,0
104 Ba+b	8+8+8	45,23	11,03	1,57	0,46	58,18	77,7
105 Ba+b	12+4+4					57,59	
106 Ba+b	12+4+8					62,85	
107 Ba	12+8+0					53,98	
107 Bb	12+0+8					63,11	
108 Ba+b	12+8+4					60,33	
Sandgefäß-Reihe							
101 Sa+b	8+4+4	40,07	8,84	0,44	0,28	49,31	81,3
102 Sa+b	8+4+8	39,08	8,28	0,90	0,92	48,49	80,6
103 Sa+b	8+8+4	37,07	7,50	1,18		45,76	81,0
104 Sa+b	8+8+8	32,72	6,65	0,51		39,88	82,0
105 Sa+b	12+4+4					46,59	
106 Sa+b	12+4+8					42,45	
107 Sa	12+8+0					49,25	
107 Sb	12+0+8					52,08	
108 Sa+b	12+8+4					44,58	

Darstellung des zeitlich gestaffelten, unterschiedlich hoher N-Gaben auf den Kornertrag



Der Abfall des Ertragsanteils des 1. ährentragenden Nebenhalmes bei hoher 2. und hoher 3. N-Gabe ist durch eine Depressionswirkung der 3. N-Gabe auf die ersten ährentragenden Nebenhalm, aber auch durch die etwas geringere Anzahl der Pflanzen der Kategorie C (Hauptstamm mit nur einem ährentragenden Nebenhalm) verursacht. Auch die zweiten ährentragenden Nebenhalm zeigen trotz steigender Anzahl der Pflanzen der Kategorie D, aber sinkendem TKG und verminderten Einzelährenerträgen einen, wenn auch nur geringen, Ertragsabfall. Während die Höhe der 2. N-Gabe auf den Gesamtertrag keinen nennenswerten Einfluß zeigt, ergeben sich bei den Ertragsanteilen der Haupt- und Nebenhalm große Differenzen. Bei der niedrigen 2. N-Gabe liegt der Ertragsanteil der Hauptstämme bei etwa 84 %, dagegen sinkt er bei erhöhter 2. N-Gabe auf im Mittel 75 %. Entsprechend nimmt der Anteil der Nebenhalm am Gesamtertrag zu.

Bei den Sandgefäßen liegen die Ertragswerte deutlich niedriger als bei den Bodengefäßen (vergleiche Varianten 8/4/4 der Boden- und Sandgefäße). Außerdem ist zu beobachten, daß bei den Sandgefäßen sowohl die Steigerung der 2. N-Gabe als auch erhöhte 3. N-Gaben zu deutlichen Ertragsdepressionen führen, wovon die Hauptstämme stärker betroffen sind als die ersten ährentragenden Nebenhalm. Dies bestätigt die Ergebnisse des Vorjahres sehr gut. Der Ertrag der zweiten ährentragenden Nebenhalm reagiert zunächst bei niedriger 2. N-Gabe auf eine erhöhte 3. N-Gabe mit einer geringen Steigerung, zeigt aber bei hoher 2. und hoher 3. N-Gabe eine Depression. Der Anteil der Hauptstämme am Gesamtertrag bleibt unverändert.

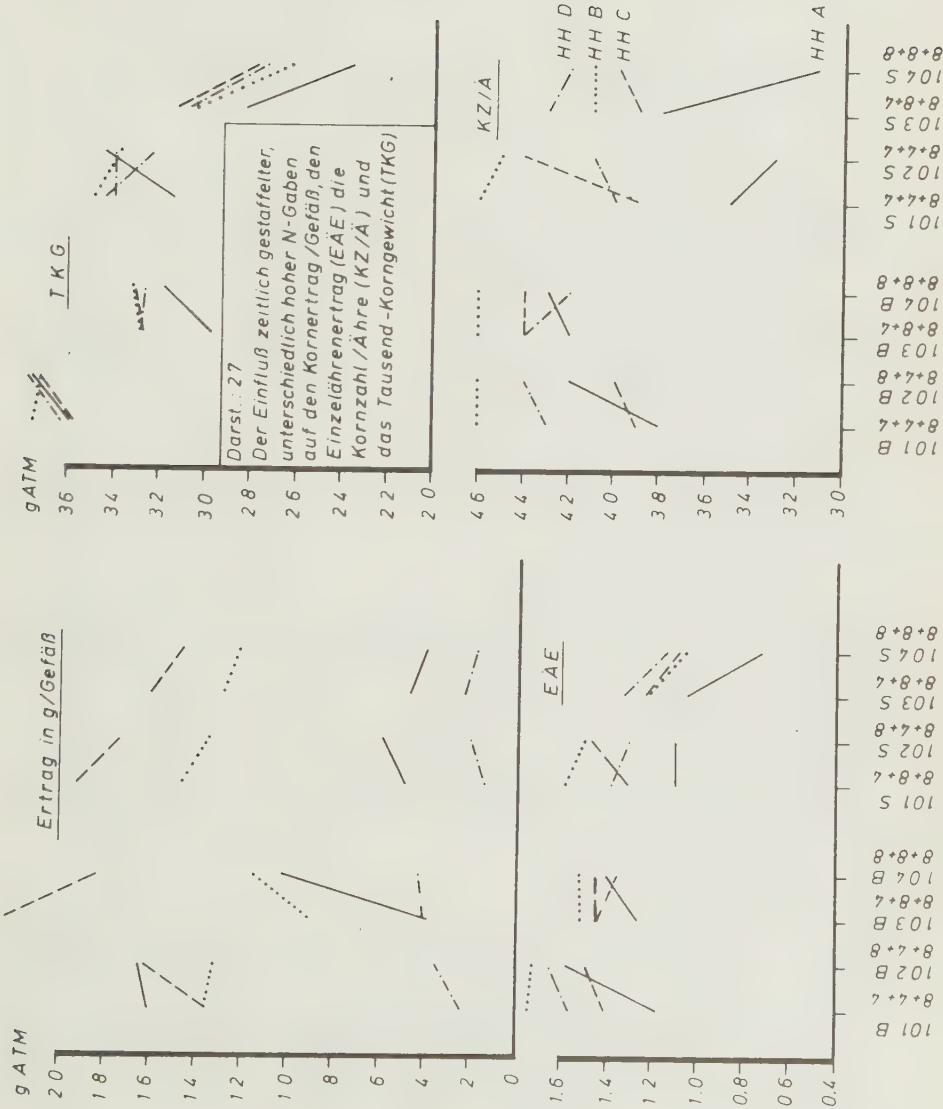
Warum der Gesamtkornsertrag bei der Variante 12/8/0 der Sandgefäße im Vergleich zu dem der Varianten 8/8/8 - 12/4/8 so hoch liegt, ist nicht zu erklären. Es muß vielmehr ein Fehler bei der Düngung oder bei der Ertragsfeststellung angenommen werden; denn wenn bei den Varianten mit 0,8 g N als Anfangsgabe und 0,8 g N als 2. N-Gabe schon Ertragsdepressionen auftreten, ist es unwahrscheinlich, daß der Ertrag der Varianten mit

Die Erträge der verschiedenen Einzelpflanzenkategorien - Einzelähren-
erträge, Kornzahlen je Ähre und Tausend-Korn-Gewichte nur bei den
Varianten 101 bis 104 der Boden- und Sandgefäße festgestellt - sind in Ta-
belle 8 und Darstellung 27 wiedergegeben. Die Ergebnisse für die Einzel-
pflanzenkategorie D sind in jedem Falle mit Vorsicht zu werten, da sie auf
nur sehr wenigen Einzelpflanzen basieren.

Tab. 8: Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf
den Kornertrag der Haupt- und Nebenhalm der Kategorien A bis D
(Kornertrag in g ATM/Gefäß)

Variante	Düngung	A	B	C		D		
		H. H.	H. H.	H. H.	1. Nh.	H. H.	1. Nh.	2. Nh
101 Ba+b	8+4+4	16,06	13,61	13,50	6,13	2,40	1,83	0,68
102 Ba+b	8+4+8	16,50	13,18	16,30	6,48	3,49	1,40	0,88
103 Ba+b	8+8+4	3,80	9,08	22,81	10,17	3,95	2,08	0,81
104 Ba+b	8+8+8	10,28	11,52	18,27	8,08	4,26	1,77	1,26
101 Sa+b	8+4+4	4,89	14,68	19,41	8,31	1,39	0,46	0,12
102 Sa+b	8+4+8	5,86	13,49	17,50	6,68	1,97	1,47	0,81
103 Sa+b	8+8+4	4,66	12,94	16,14	5,80	3,31	1,69	1,18
104 Sa+b	8+8+8	4,03	12,19	14,70	5,74	1,78	0,90	0,50

Wie in der vorjährigen Versuchsserie verändern sich die Erträge der Haupt-
halme A-D und der Nebenhalm der Kategorie C sowohl der Boden- als auch
der Sandgefäße analog zu den betreffenden Halm- und Ährenzahlen. Bei
0,8 g N/Gefäß als 1. N-Gabe und niedriger 2. liegt trotz erhöhter 3. N-Gabe
der Ertrag der Haupthalme A der Bodengefäße entsprechend der Pflanzen-
zahl der Kategorie A am höchsten, gefolgt von den Haupthalmen C und B;
die Haupthalme der Kategorie D erbringen den weitaus niedrigsten Ertrag.
Durch die Erhöhung der 2. N-Gabe wird die Rangfolge der Haupthalme in be-



zug auf ihre Ertragshöhe folgendermaßen verändert: es liegen die Haupthalme der Kategorie C deutlich an der Spitze, gefolgt von den Haupthalmen B und A. Die Haupthalme D erreichen bei der Variante 8/8/4 den gleichen Ertrag wie die Haupthalme A, erfahren aber durch die Steigerung der 3. N-Gabe im Gegensatz zu den Haupthalmen A nur eine ganz geringe Ertragssteigerung (vergleiche Variante 8/8/8).

Die entsprechenden Haupthalmerträge der Sandgefäße erfahren weder durch die Steigerung der 2. noch durch die der 3. N-Gabe eine Veränderung in der Reihenfolge der Pflanzenkategorien. Bei allen vier Varianten erreichen die Haupthalme C die höchsten Erträge, gefolgt von den Haupthalmen B, A und D. Zwar wurden in der vorjährigen Sandgefäß-Reihe bei niedrigeren N-Gaben die höchsten Erträge von den Haupthalmen der Kategorie B erreicht; bei N-Düngermengen, die den bei der zweiten Gefäßversuchsreihe entsprechen, lagen aber auch die Haupthalme der Kategorie C in ihren Erträgen an der Spitze. Damit stimmen die Ergebnisse der beiden Sandgefäß-Reihen überein.

Zum Einfluß der Höhe der 2. bzw. 3. N-Gaben auf die Erträge der Haupthalme A bis D ist folgendes zu sagen: Während die Erträge der Haupthalme A und D bei niedriger 2. N-Gabe auf die Erhöhung der 3. N-Gabe mit einer, wenn auch nur schwachen, Ertragssteigerung reagieren, sind bei den anderen Haupthalmen sowohl als Folge der erhöhten 2. als auch der erhöhten 3. N-Gaben Depressionen festzustellen.

ad) Einzelährenerträge

Tabelle 9 und Darstellung 27 lassen deutlich erkennen, daß die Haupthalme der Kategorie B bis auf die der Varianten 8/8/4 und 8/8/8 der Sandgefäße die weitaus höchsten Einzelährenerträge erreichen. Die Haupthalme A liegen bei allen Varianten der Boden- und Sandgefäße in ihren Einzelährenerträgen am niedrigsten von allen Haupthalmen, aber trotzdem noch deutlich

höher als die ährentragenden Nebenhalm (siehe Tabelle 9, Spalte 6). Damit werden die entsprechenden Untersuchungsergebnisse der vorjährigen Versuchsreihe voll bestätigt.

Tab. 9: Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Einzelährenerträge der Haupt- und Nebenhalm der Kategorien A bis D.

Variante	Düngung	A	B	C		D		
		H. H.	F. H.	H. H.	1. Nh.	H. H.	1. Nh.	2. Nh.
101 Ba+b	8+4+4	1,37	1,74	1,41	0,64	1,56	1,20	0,45
102 Ba+b	8+4+8	1,58	1,72	1,49	0,58	1,65	1,10	0,42
103 Ba+b	8+8+4	1,27	1,51	1,45	0,64	1,45	0,83	0,35
104 Ba+b	8+8+8	1,40	1,52	1,45	0,65	1,37	0,61	0,32
101 Sa+b	8+4+4	1,11	1,59	1,31	0,56	1,39	0,46	0,12
102 Sa+b	8+4+8	1,11	1,50	1,48	0,56	1,31	0,95	0,55
103 Sa+b	8+8+4	1,06	1,23	1,23	0,44	1,34	0,62	0,46
104 Sa+b	8+8+8	0,72	1,06	1,08	0,42	1,14	0,60	0,40

Bei niedriger 2. N-Gabe bewirkt eine erhöhte 3. N-Gabe bei den Haupthalmen A der Bodengefäße noch eine starke, bei den Haupthalmen C und D der Bodengefäße nur eine schwache Steigerung der Einzelährenerträge. Die Haupthalme der Kategorie B zeigen eine nicht nennenswerte negative Reaktion auf die erhöhte 3. N-Gabe. Bei den Varianten der Bodengefäße mit hoher 2. N-Gabe übt die erhöhte 3. N-Gabe lediglich bei den Haupthalmen A einen positiven und bei den Haupthalmen D einen negativen Einfluß auf die Höhe der Einzelährenerträge aus.

Bei den Sandgefäßen reagieren die Haupthalme aller Kategorien (Ausnahme Haupthalm C, Variante 8/4/8) auf die Steigerung der 2. wie auch auf die der 3. N-Gabe mit niedrigeren Einzelährenerträgen (Depressionen).

ae) Kornzahl je Ähre

Die Kornzahlen je Ähre sind der Tabelle 10 und der Darstellung 27 zu entnehmen. Auch bei der Betrachtung dieser Ertragskomponente fallen die Haupthalme der Kategorie B durch ihre höchsten Werte auf - mit Ausnahme der Varianten 8/8/4 und 8/8/8 der Sandgefäße.

Tab. 10: Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Kornzahl/Ähre der Haupt- und Nebenthalme der Kategorien A bis D.

Variante	Düngung	A	B	C		D		
		H. H.	H. H.	H. H.	1. Nh.	H. H.	1. Nh.	2. Nh.
101 Ba+b	8+4+4	38	46	39	20	43	33	16
102 Ba+b	8+4+8	42	46	40	18	44	35	15
103 Ba+b	8+8+4	42	46	44	23	44	30	15
104 Ba+b	8+8+8	43	46	44	24	42	24	14
101 Sa+b	8+4+4	35	46	39	20	40	19	4
102 Sa+b	8+4+8	33	45	44	21	41	30	21
103 Sa+b	8+8+4	38	41	39	19	43	28	19
104 Sa+b	8+8+8	31	41	40	20	42	21	14

Die Kornzahlen je Ähre der Nebenthalme liegen in jedem Falle niedriger als die der Haupthalme. Interessant aber ist die Tatsache, daß die Zahlen für die 1. Nebenthalme der Kategorie D - wenn also auch noch ein 2. Nebenhalm vorhanden ist - meist deutlich höher liegen als die für die 1. Nebenthalme der Kategorie C.

Bei den Bodengefäßen zeigen die Haupthalme B weder auf die Steigerung der 2. noch auf die der 3. N-Gabe eine Veränderung der Kornzahl je Ähre. Dagegen antworten die Haupthalme A sowohl auf die vermehrte 2. als auch auf die vermehrte 3. N-Gabe mit höheren Kornzahlen je Ähre. Die Haupthalme C

erfahren nur durch die gesteigerte 2. N-Gabe eine Erhöhung ihrer Kornzahl je Ähre, während die Haupthalme D auf erhöhte 3. N-Gaben schwach positiv (Variante 8/4/8) bzw. deutlich negativ (Variante 8/8/8) reagieren.

Bei niedriger 2. N-Gabe antworten die Haupthalme A und B der Sandgefäße auf die erhöhte 3. N-Gabe mit niedrigeren und die Haupthalme C und D mit höheren Kornzahlen je Ähre. Bei hoher 2. N-Gabe fällt die Kornzahl je Ähre der Haupthalme A mit steigender 3. N-Gabe sehr stark ab, bei den Haupthalmen B bleibt sie unverändert und bei den Haupthalmen C und D steigt bzw. fällt die Kornzahl je Ähre nur schwach.

af) Tausend-Korn-Gewicht (TKG)

Auch für das TKG liegen die Werte bei den Haupthalmen der Kategorie B meist am höchsten (Tabelle 11 und Darstellung 27). Die TKG der Nebenhalmkörner liegen in fast allen Fällen deutlich niedriger als die der Haupthalmkörner, die Differenzen sind aber nicht so groß wie bei den Kornzahlen je Ähre.

Tab. 11: Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf das Tausend-Korn-Gewicht der Haupt- u. Nebenhalmkörner A bis D (in g ATM)

Variante	Düngung	A	B	C		D		
		H. H.	H. H.	H. H.	1. Nh.	H. H.	1. Nh.	2. Nh.
101 Ba+b	8+4+4	35,9	37,5	35,7	31,5	36,3	36,2	28,1
102 Ba+b	8+4+8	37,5	37,1	37,2	32,3	37,7	31,8	28,1
103 Ba+b	8+8+4	29,7	32,8	32,7	28,1	32,8	27,5	23,4
104 Ba+b	8+8+8	31,8	33,2	33,1	26,8	32,7	25,7	23,4
101 Sa+b	8+4+4	31,5	34,9	34,0	28,7	34,5	24,8	30,0
102 Sa+b	8+4+8	34,4	33,8	34,0	26,6	32,2	31,3	26,2
103 Sa+b	8+8+4	28,3	30,3	31,3	23,3	30,7	22,3	24,7
104 Sa+b	8+8+8	23,4	26,3	27,6	21,4	27,2	28,5	28,1

Grundsätzlich ist bei den Bodengefäßen festzustellen, daß die TKG aller Haupthalmkörner mit steigender 2. N-Gabe abnehmen (höhere Kornzahl je Ähre) und mit steigender 3. N-Gabe zunehmen.

Die TKG der Haupthalmkörner aus den verschiedenen Pflanzenkategorien laufen bis auf eine Ausnahme (Haupthalme B Variante 8/4/8) parallel.

Bei den Sandgefäßen haben steigende 2. und steigende 3. N-Gaben bei allen Haupthalmkörnern bis auf die der Haupthalme A, Variante 8/4/8, abnehmende TKG zur Folge.

An dieser Stelle kann man zusammenfassend sagen, daß die starken Ertragsdepressionen besonders der Sandgefäßvarianten teils in der Ertragskomponente Kornzahl je Ähre, noch mehr aber im TKG begründet sind - bei gleichzeitig gleichbleibender oder z. T. leicht steigender Ährenzahl.

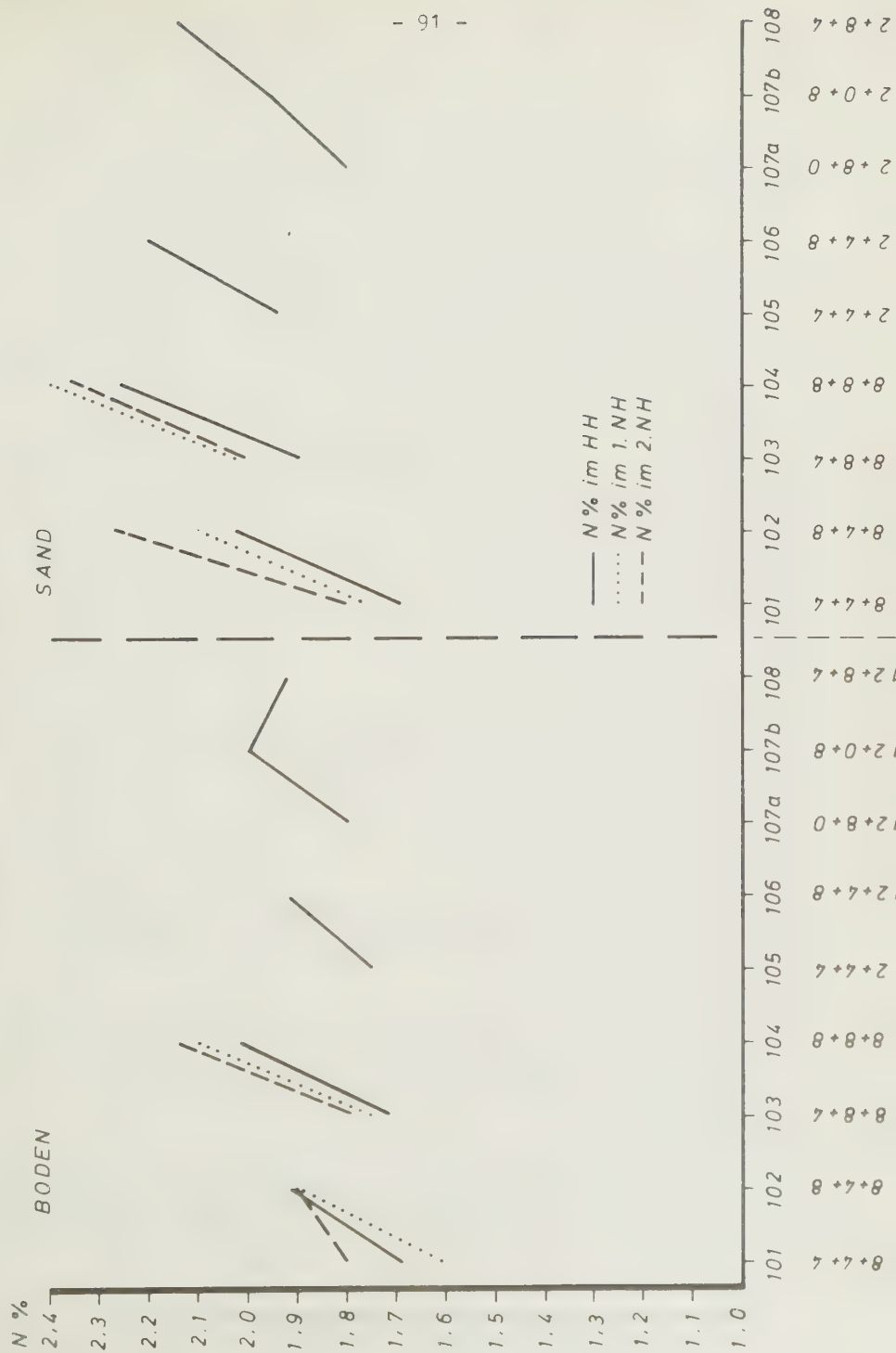
b) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die N-Gehalte und ¹⁵N-Anteile sowie die N-Entzüge

ba) N-Gehalte im Korn

Die N-Gehalte im Korn der Haupt- und Nebenthalme bzw. im Korn der Gesamt-Kornernte sind in Darstellung 28 wiedergegeben. Wie erwartet bedingt unabhängig von der Bodenart die Erhöhung der 2. N-Gabe eine schwache N-Gehaltssteigerung, während eine Erhöhung der 3. N-Gabe eine starke N-Gehaltssteigerung verursacht - besonders bei vorhergehender hoher 2. N-Gabe. Die Sandgefäß-Varianten zeigen eine jeweils stärkere Reaktion auf die N-Gaben als die Bodengefäß-Varianten, was auch mit auf die bei den Sandgefäßen durch starke Depressionen bedingten niedrigeren Erträge zurückzuführen ist.

N-Gaben auf den N-Gehalt der Körner

- 91 -



Der Einfluß steigender 1. N-Gaben auf die Höhe des N-Gehaltes im Korn ist sehr gering.

Für die N-Gehalte in den Körnern der Haupt- und Nebenhalme ist festzustellen, daß die Haupthalmkörner der Bodengefäß-Varianten mit niedriger 2. N-Gabe einen geringfügig höheren N-Gehalt aufweisen im Vergleich zu den Körnern der ersten ährentragenden Nebenhalme. Den höchsten N-Gehalt aber erreichen die Körner der zweiten ährentragenden Nebenhalme.

Wird eine hohe 2. N-Gabe gegeben, erreichen die Nebenhalmkörner - wie schon in der vorjährigen Versuchsreihe beobachtet - höhere N-Gehalte als die Haupthalmkörner. Dies trifft auch für alle Sandgefäßvarianten zu, nur daß hier bei niedriger 2. N-Gabe die Körner der zweiten ährentragenden Nebenhalme mehr N enthalten, bei hoher 2. N-Gabe aber die Körner der 1. ährentragenden Nebenhalme die höchsten N-Gehalte aufweisen.

bb) N-Entzug

Die N-Entzüge durch das Korn, errechnet aus den Kornerträgen und den N-Gehalten, sind der Darstellung 29 zu entnehmen.

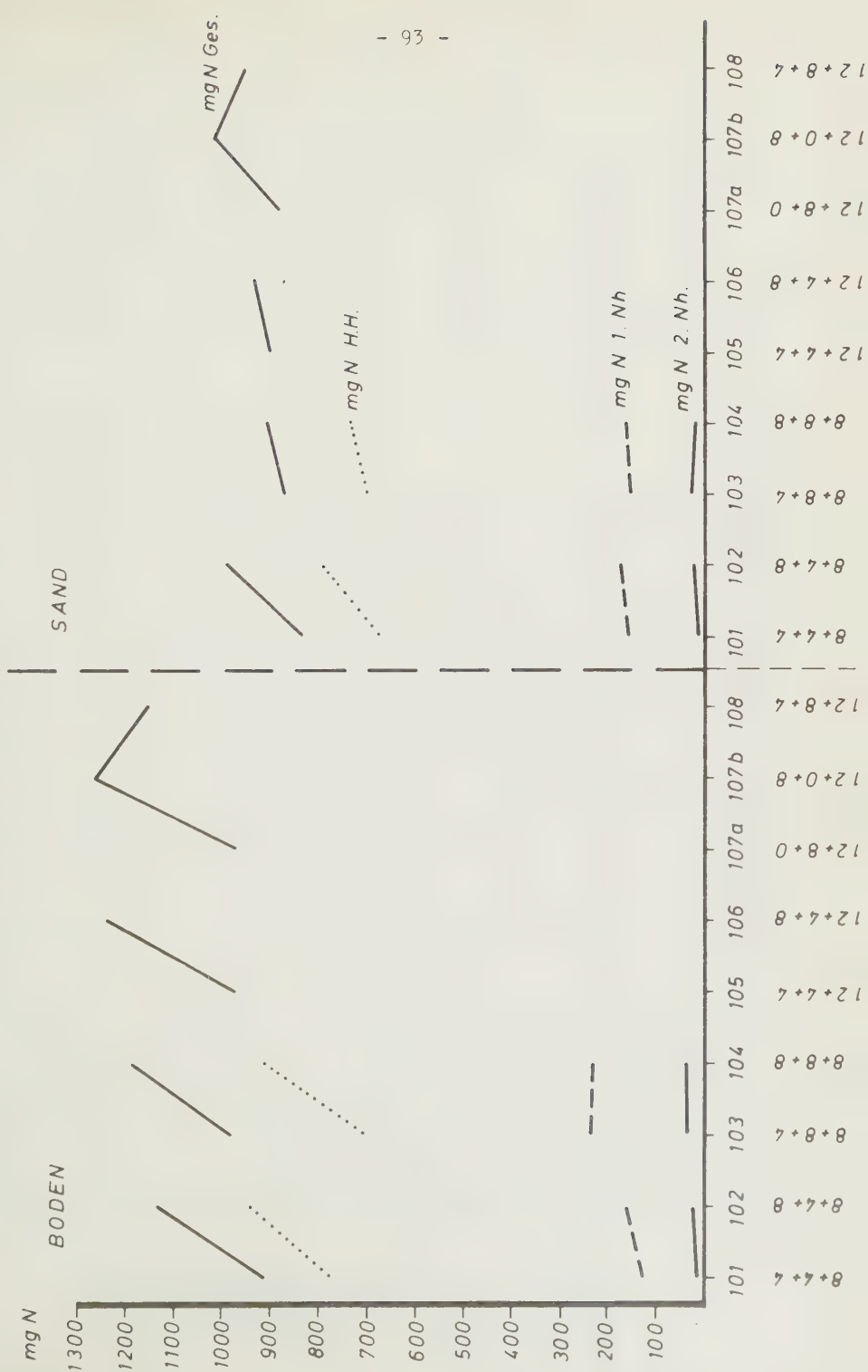
Die N-Entzüge steigen durch die relativ größeren N-Gehaltssteigerungen stärker an als die Kornerträge.

Bei den Sandgefäß-Varianten verursachen die sehr stark ansteigenden N-Gehalte sogar trotz zu beobachtenden Ertragsdepressionen deutliche Zunahmen im N-Entzug.

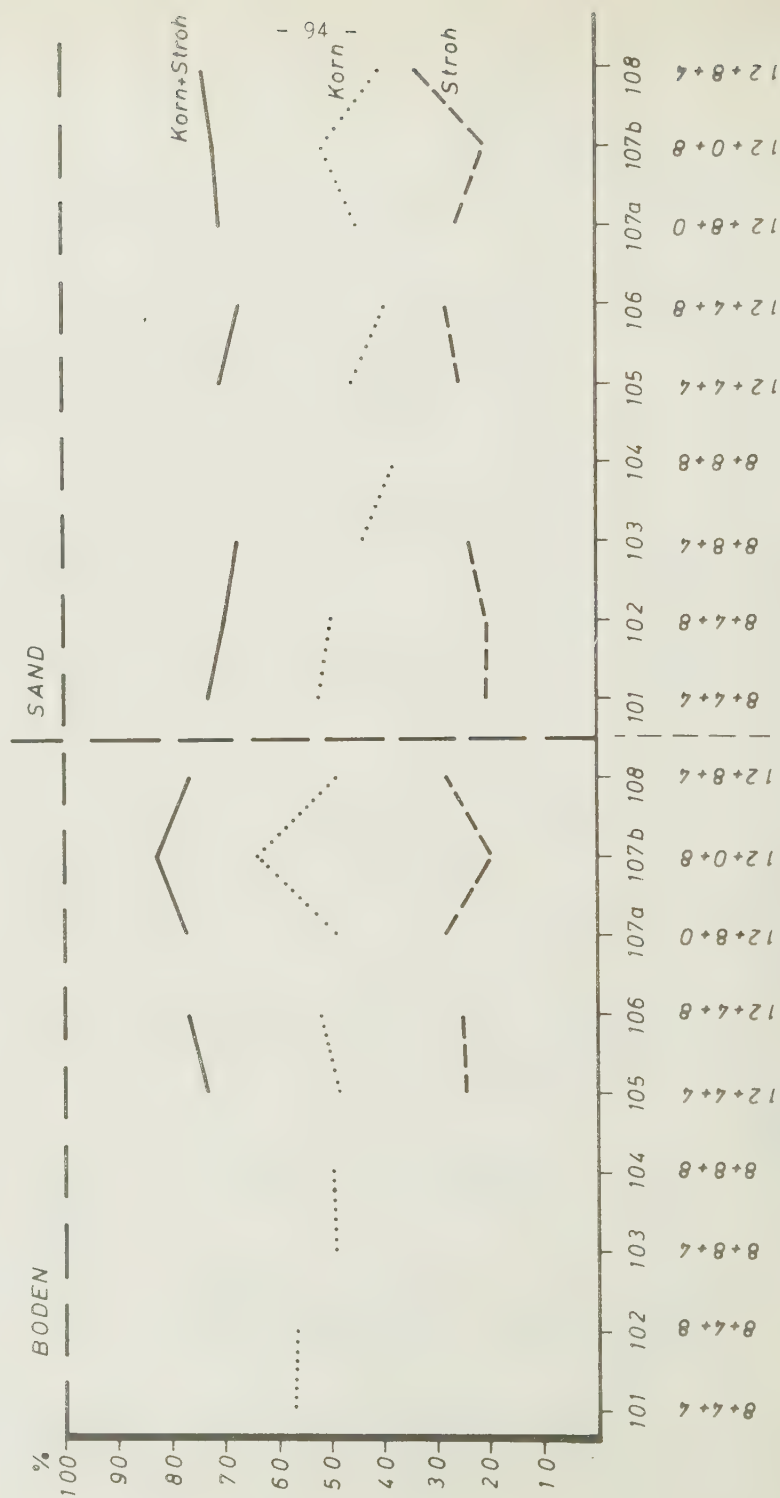
Die Anteile der ersten und zweiten ährentragenden Nebenhalme am Gesamt-N-Entzug steigen entsprechend ihren Kornertragsanteilen an (siehe auch Darstellung 26).

Die N-Entzüge in Prozent vom Dünger-N durch das Korn - in Darstellung 30 - fallen mit zunehmenden N-Düngergesamtmenge erwartungsgemäß ab. Sowohl bei den Boden- als auch bei den Sandgefäßen fällt die Variante 12/0/8

Darst. 29 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher
N-Gaben auf den N-Entzug durch das Korn



Darst. 30 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die N-Aufnahme in Korn u. Stroh in % von Dünger - N



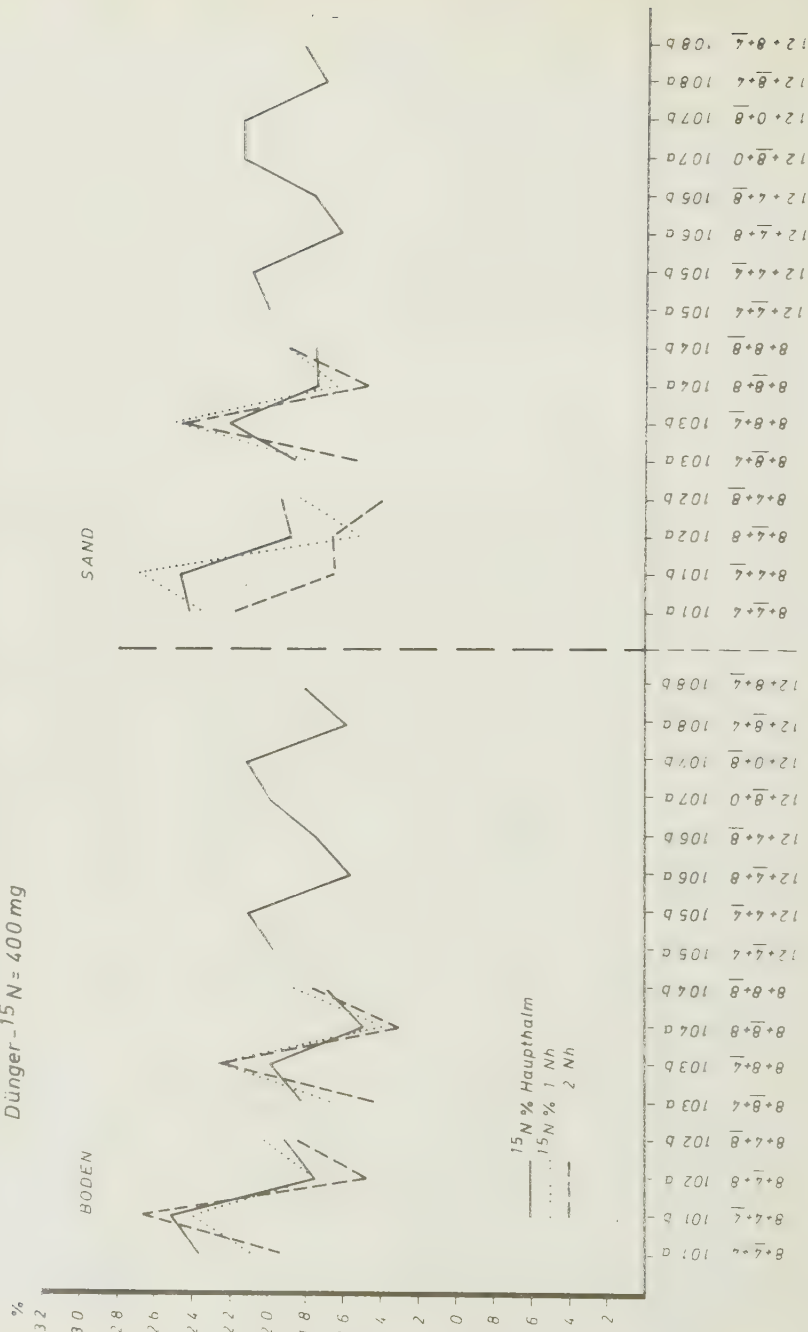
wegen ihrer hohen N-Entzüge in Prozent vom Dünger-N auf. Durch das Fehlen der 2. Gabe bei hoher 1. N-Gabe waren keine Ertragsdepressionen aufgetreten, vielmehr bildete die hohe 1. N-Gabe die nötige Grundlage (Organanlage) für das Ertragsoptimum und die 0,8 g N als 3. Gabe reichen für eine volle Kornausbildung und einen hohen N-Gehalt sowohl in den Boden- als auch in den Sandgefäßen aus (vergleiche Darstellungen 26 und 28).

bc) ¹⁵N-Anteile

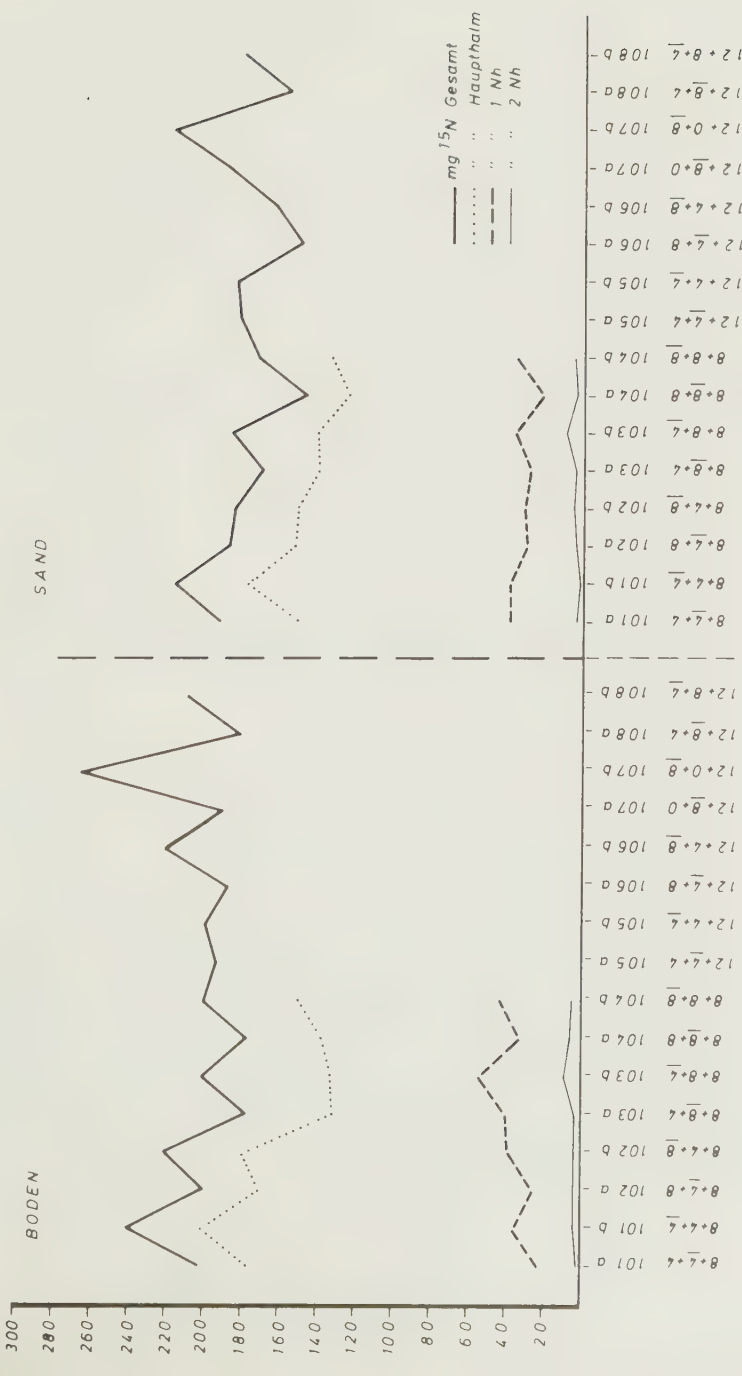
Der Anteil des ¹⁵N am Gesamt-N im Korn der Haupt- und Nebenthalme bzw. im Korn der Gesamtprobe ist in Darstellung 31 wiedergegeben, wobei des besseren Vergleichs wegen der ¹⁵N-Anteil am Gesamt-N auf eine einheitliche Höhe der markierten Gabe - und zwar auf 0,4 g N/Gefäß - reduziert wurde. Wie in der vorjährigen Gefäßversuchsreihe erreicht der ¹⁵N-Anteil bei der Gabe von 0,8 g N in keinem Fall den doppelten Wert wie bei der Gabe von 0,4 g N/Gefäß. Weiterhin ist wiederum festzustellen, daß bei markierter 3. N-Gabe höhere ¹⁵N-Anteile im Korn zu finden sind als bei markierter 2. N-Gabe. Auch die in der vorjährigen Gefäßversuchsreihe beobachtete Tendenz, daß bei markierter 2. N-Gabe die ¹⁵N-Anteile in den Körnern der Haupthalme höher und bei markierter 3. N-Gabe niedriger liegen als die ¹⁵N-Anteile in den Körnern der ersten und zweiten ährentragenden Nebenthalme, wird ganz deutlich bestätigt, und zwar unabhängig von der Bodenart.

Die ¹⁵N-Entzüge in mg/Gefäß sind der Darstellung 32 zu entnehmen. Auch hier sind die ¹⁵N-Entzüge auf eine einheitliche Höhe der markierten Gabe umgerechnet. Die Darstellung läßt wiederum sehr deutlich erkennen, daß aus den 3. N-Gaben jeweils mehr Stickstoff in den Körnern wiederzufinden ist als aus der entsprechenden 2. N-Gabe, was - wie in der vorjährigen Gefäßversuchsreihe bereits gefunden - auf eine vorwiegende direkte Einlagerung des Stickstoffs aus der 3. Gabe in das Korn hindeutet. Die Anteile

Darst 31 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die ^{15}N -Anteile vom Gesamt-N im Korn.
Dünger- $^{15}\text{N} = 400\text{ mg}$



15 mg N



der Haupthalme bzw. ersten und zweiten ährentragenden Nebenthalme am ^{15}N -Entzug entsprechen ihren jeweiligen Ertragsanteilen.

Bei den ^{15}N -Aufnahmen in Korn und Stroh in % des Dünger- ^{15}N (Darstellung 33) fällt die Variante 12/0/8 durch ihren höchsten Wert der prozentualen ^{15}N -Aufnahme auf. Diese ist auf einen hohen Ertrag (noch keine Ertragsdepression) und hohen N-Gehalt in den Körnern zurückzuführen. Die großen Schwankungen in der prozentualen ^{15}N -Aufnahme aus dem Dünger- ^{15}N bei den Sandgefäßen sind durch die starken Depressionswirkungen der hohen N-Gaben zu erklären.

Trotzdem ist auch in den Sandgefäßen - deutlicher aber in den Bodengefäßen - festzustellen, daß die Kurven für die ^{15}N -Aufnahme im Korn und für die im Stroh sich gegenläufig verhalten. Aus der markierten 2. N-Gabe ist relativ mehr ^{15}N im Stroh eingelagert, im Korn wird dagegen relativ mehr ^{15}N aus der markierten 3. N-Gabe eingelagert.

Zusammenfassend läßt sich über die Ergebnisse der ertragsmorphologischen Untersuchungen und der N-Einlagerung in die Pflanze sagen, daß sie die in der im Vorjahr durchgeführten Gefäßversuchs-Reihe gewonnenen Ergebnisse weitestgehend bestätigen.

c) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Vermahlungseigenschaften und Mahlfractionen

Nachdem die Ergebnisse der ertragsmorphologischen Untersuchungen darüber Aufschluß gegeben hatten, in welchen Pflanzenteilen die markierten 2. bzw. 3. N-Gaben vorwiegend wiederzufinden sind, sollte festgestellt werden, welchen Einfluß die Höhe und der Zeitpunkt der N-Düngung auf die Verteilung des Stickstoffes in den einzelnen Kornschichten bzw. müllereitechnologischen Fraktionen des Kornes und in den Proteinfraktionen innerhalb des Kornes ausüben kann.

Kurs: 33 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die
 15N-Aufnahme in Korn u. Stroh in % des Dünger 15N



Um die Stickstoff- bzw. Proteineinlagerung in die einzelnen müllereitechnologisch interessanten Fraktionen des Kornes in Abhängigkeit von der N-Düngung zu untersuchen, wurde mit diesem Kornmaterial ein Mahlversuch durchgeführt (Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung in Detmold). Von den Varianten 101 bis 108 der Bodengefäße und 105 bis 108 der Sandgefäße wurden je 200 g bzw. 100 g durch 6 hintereinandergeschaltete Mahlgänge (3 x Sedimat-Mühle und 3 x Quadrumat-Mühle) in 7 Fraktionen - S_1 , S_2 , S_3 , Q_1 , Q_2 , Q_3 und Restschrot - aufgeteilt.

Obwohl es sehr schwierig ist, mit so kleinen Mengen an Untersuchungsmaterial, wie sie in einem Gefäßversuch anfallen, die Vermahlung in einer Großmühle nachzuahmen, wurde in diesem Kleinmahlversuch versucht, Mahlfractionen zu erhalten, die zwar nicht mit den Mahlfractionen aus Großmühlen identisch sind, die aber trotzdem bis zu einem gewissen Grade Aufschluß geben können über die Lage der einzelnen Fraktionen im Korn einerseits und darüber, in welchen Mahlprodukten der Großmühlen die einzelnen Fraktionen erscheinen, andererseits. Aus Erfahrung ist bekannt, daß bei den ersten Mahlgängen mit der Sedimat-Mühle das Schrotmehl als das Korninnerste anfällt, während bei weiteren Mahlgängen mit der Quadrumat-Mühle die Grieße aufgelöst werden, also die Grießmehle anfallen.

Von besonderem Interesse ist hierbei, daß die in diesem Mahlversuch angefallene S_1 -Fraktion dem Sedimentationsmehl entspricht. Und bei der großen Bedeutung, die die Sedimentations-Wert-Bestimmung heute für die Beurteilung der eiweißbedingten bäckereitechnologischen Qualitätseigenschaften von Brotweizen hat, erscheint eine genauere Untersuchung dieser Fraktion als besonders wichtig. Zum anderen entspricht die Summe der 6 Fraktionen S_1 - Q_3 größenordnungsmäßig etwa den Ausbeuten an aschearmen Auszugsmehlen in der Großmühle.

ca) Mehlausbeuten

Bevor unter Berücksichtigung genannter Einschränkungen auf die Ergebnisse der Mehlausbeuten in den einzelnen Mahlgängen des Kleinmahlversuches eingegangen wird, muß betont werden, daß diese Mehlausbeuten mangels Masse aus mahltechnisch-methodischen Gründen nicht auf einen bestimmten Aschegehalt bezogen werden konnten, sondern daß die Ausbeuten durch Absiebungen über 150 μ Gaze erfolgten. Die Bezugsgröße "Absiebung über 150 μ -Gazen" ist als Grundlage für die Mehlausbeute aber insoweit berechtigt, als einerseits die Sichtung über 150 μ -Gazen einen Aufschluß über den Schrotmehl- bzw. Grießanfall gibt und diese andererseits mit der Kornhärte und dem Rohproteingehalt in enger Korrelation stehen. Demnach müssen auch die Mehlausbeuten in den einzelnen Mahlgängen nach Absiebung über 150 μ -Gaze mit den Rohproteingehalten der entsprechenden Mahlfractionen miteinander in Beziehung stehen. Wie auch aus den Tabellen 12 und 14 für die Bodengefäße bzw. 13 und 16 für die Sandgefäße deutlich hervorgeht, nimmt der erste Schrotmehl-anfall (S_1 -Fraktion) mit steigendem Rohproteingehalt der Körner, bedingt durch erhöhte 3. N-Gaben, ab. Zum Beispiel weisen die Varianten mit einer hohen 3. N-Gabe (102 Ba, 102 Bb, 104 Ba, 104 Bb, 106 Ba, 106 Bb und 107 Bb) eine wesentlich niedrigere Ausbeute auf - in Prozenten ausgedrückt im ersten Mahlgang 12,4 - 11,1 - 11,0 - 12,4 - 14,3 - 14,3 - 12,8 % - im Vergleich zu den Varianten mit niedriger 3. N-Gabe (101 Ba, 101 Bb, 103 Ba, 103 Bb, 105 Ba, 105 Bb, 107 Ba, 108 Ba, 108 Bb), die nur folgende Ausbeuten erbringen: 15,4 - 15,5 - 16,1 - 15,5 - 17,8 - 17,4 - 18,6 - 15,9 - 15,2 %.

Im zweiten Mahlgang sind die Unterschiede nicht mehr so groß, aber noch eindeutig in ihrer Tendenz. In den folgenden Fraktionen verwischt sich der durch die höhere 3. N-Gabe bedingte Unterschied in der Mehlausbeute; trotzdem bleiben bei den Anteilen an Restschrot noch klare Differenzen erhalten. Während die als weicher zu bezeichnenden, weniger Rohprotein enthaltenden Varianten 101 Ba u. Bb; 103 Ba u. Bb; 105 Ba u. Bb und 107 Ba einen Restschrotanteil von 51,5 u. 54,1; 53,2 u. 54,4; 56,3 u. 56,7 und 55,0 % aufweisen, beträgt bei den Varianten 102 Ba u. Bb; 104 Ba u. Bb;

Tab. 12: Ergebnisse eines Kleinmahlversuches an den Kornproben der Boden-Sand-Gefäße.
Mehlausbeute an den einzelnen Fraktionen in % nach Absiebung über 150 μ .

Variante	Düngung	S ₁	S ₂	S ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Mehl ges.	Rest- schot
101 Ba	8+4+4	15,4	8,4	6,3	7,0	6,7	4,7	48,5	51,5
101 Bb	8+4+4	15,5	7,7	7,6	6,9	4,6	3,7	45,9	54,1
102 Ba	8+4+8	12,4	7,5	6,0	7,3	4,3	4,1	41,7	58,3
102 Bb	8+4+8	11,1	7,4	5,9	6,9	5,7	4,1	41,1	58,9
103 Ba	8+8+4	16,1	8,4	6,3	7,7	4,5	3,7	46,8	53,2
103 Bb	8+8+4	15,5	8,5	6,3	7,3	4,3	3,7	45,6	54,4
104 Ba	8+8+8	11,0	7,3	5,7	7,5	4,1	4,4	40,0	60,0
104 Bb	8+8+8	12,4	7,4	6,0	7,0	4,4	3,9	41,2	58,8
105 Ba	12+4+4	17,8	8,2	6,0	5,3	3,2	3,2	43,7	56,3
105 Bb	12+4+4	17,4	8,4	6,5	4,3	3,9	2,7	43,3	56,7
106 Ba	12+4+8	14,3	7,4	5,9	4,4	3,3	3,0	38,4	61,6
106 Bb	12+4+8	14,3	7,3	5,6	4,2	3,9	3,1	38,5	61,5
107 Ba	12+8+0	18,6	8,1	6,2	5,5	3,4	3,1	45,0	55,0
107 Bb	12+0+8	12,8	7,3	5,9	4,9	3,9	3,8	38,7	61,3
108 Ba	12+8+4	15,9	7,8	6,0	4,4	3,7	3,1	40,8	59,2
108 Bb	12+8+4	15,2	7,5	6,2	5,4	4,4	3,0	41,7	58,3

Tab. 13: Ergebnisse eines Kleinnahlversuches an den Kornproben der Sand-Gefäße
Mahlversuch: Mehlausbeute an den einzelnen Fraktionen in % nach Absiebung über 150 μ .

Variante	Düngung	S ₁	S ₂	S ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Mehl ges.	Rest- schrot
105 Sa	12+4+4	14,5	8,5	6,6	7,4	6,0	3,9	46,8	53,2
105 Sb	12+4+4	13,3	8,5	6,7	5,9	4,4	4,2	43,0	57,0
106 Sa	12+4+8	12,8	8,5	6,5	6,4	5,1	4,3	43,6	56,4
106 Sb	12+4+8	12,7	8,9	6,5	5,7	5,1	4,2	43,1	56,9
107 Sa	12+8+0	14,1	8,1	6,2	5,8	4,6	3,8	42,5	57,5
107 Sb	12+0+8	13,2	8,3	6,5	5,9	5,2	4,0	43,1	56,9
108 Sa	12+8+4	12,8	8,7	6,6	7,6	4,9	4,0	44,6	55,4
108 Sb	12+8+4	12,3	8,2	6,2	5,7	4,9	3,6	40,9	59,1

106 Ba u. Bb und 107 Bb der jeweilige Restschrotanteil 58,3 u. 58,9; 60,0 u. 58,8; 61,6 u. 61,5 und 61,3 %. Auch bei den Varianten 108 Ba und Bb liegt der prozentuale Restschrotanteil trotz niedriger 3. N-Gabe sehr hoch, was auf die infolge der höheren Gesamt-N-Düngung bedingten Rohproteinsteigerung zurückzuführen ist. Mit gesteigertem Rohproteingehalt und größerer Kornhärte nimmt also die Schrotmehl-Ergiebigkeit (nach Absiebung über 150 μ Gaze) ab - trotz höheren Tausend-Korn-Gewichtes. Auf die Mehlausbeuten der Sandgefäßvarianten 105 bis 108 soll nicht näher eingegangen werden. Hier sind aufgrund der großen Ertragsdepressionen die Rohproteingehalte aller Varianten - auch derer mit niedriger 3. N-Gabe - stark erhöht, so daß in der Mehlausbeute keine gesicherten Unterschiede auftreten.

cb) Der Rohproteingehalt in den einzelnen Mahlfraktionen

Der Rohproteingehalt in den einzelnen Mahlfraktionen S_1 bis Restschrot (RS) der Bodengefäßreihe 101 bis 108 ist in der folgenden Tabelle Nr. 14 zusammengestellt. Nimmt man an, daß die Mahlfraktion S_1 vorwiegend aus dem innersten Kern des Endosperms besteht und von den Fraktionen S_2 bis Q_3 und Restschrot zunehmend mehr äußere Schichten mit in das Mehl gelangen, so ergibt sich aufgrund der gefundenen Rohproteinwerte von innen nach außen ein steigender Rohproteingehalt. Auch die Prozentangaben des in den einzelnen Fraktionen der Varianten 105-108 wiedergefundenen Rohproteins vom Rohprotein des Ganzkornes (Tab. 15) deuten auf eine mehr oder weniger lineare Eiweißzunahme vom Korninnersten nach außen zu hin.

Werden nun die einzelnen Düngungsvarianten der Bodengefäß-Varianten verglichen, so kann man feststellen, daß im Restschrot bei allen Varianten unabhängig von der N-Düngung der Rohproteingehalt in etwa gleich ist. Die größte Differenz beträgt - ohne die Varianten 101 Ba und Bb, die auch im Rohproteingehalt des Ganzkornes sehr niedrig liegen - absolut 0,73 % Rohprotein oder 6,4 % vom Mittelwert der Rohproteingehalte aller Restschrote (siehe Tab. 14).

Tab. 14: Ergebnisse eines Kleinformversuches an den Kornproben der Boden-Sand-Gefäße.
Rohproteingehalte (Nx5, 7) in % von ATM in den Mahlfractionen.

Variante	Düngung	Ganz- korn	Bohr- mehl	S ₁	S ₂	S ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	RS
101 Ba	8+4+4	9,75	7,52	7,52	8,24	8,49	8,98	9,35	9,58	10,66
101 Bb	8+4+4	9,58	7,32	7,24	8,04	8,61	9,16	9,32	9,58	10,63
102 Ba	8+4+8	10,26	9,04	9,09	9,80	10,09	10,26	10,52	10,63	11,37
102 Bb	8+4+8	11,40	9,80	9,92	10,32	10,49	10,66	10,89	10,89	11,46
103 Ba	8+8+4	9,80	7,58	7,67	8,38	8,72	9,52	9,69	9,80	11,18
103 Bb	8+8+4	9,69	7,58	7,73	8,52	8,87	9,72	9,72	9,80	11,12
104 Ba	8+8+8	11,34	10,05	10,38	10,66	10,66	11,26	11,26	11,18	11,83
104 Bb	8+8+8	11,40	9,80	9,98	10,26	10,38	11,06	11,09	11,06	11,83
105 Ba	12+4+4	9,80	7,66	7,97	8,60	9,24	9,27	9,62	9,62	11,23
105 Bb	12+4+4	10,10	7,46	7,59	8,54	8,86	9,68	9,72	9,75	11,11
106 Ba	12+4+8	10,90		9,08	10,22	10,19	10,92	10,92	10,85	11,74
106 Bb	12+4+8	10,94		9,11	10,12	10,19	11,01	10,92	10,82	11,84
107 Ba	12+8+0	10,26	7,46	7,28	8,38	8,86	9,75	9,68	9,68	11,27
107 Bb	12+0+8	11,40	9,22	10,16	11,05	11,11	11,51	11,39	11,32	11,81
108 Ba	12+8+4	10,26		8,38	9,24	9,66	10,25	10,25	10,25	11,32
108 Bb	12+8+4	11,40		9,02	9,93	10,45	11,25	10,92	10,82	11,84

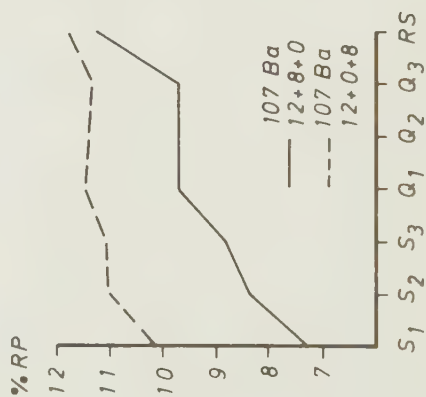
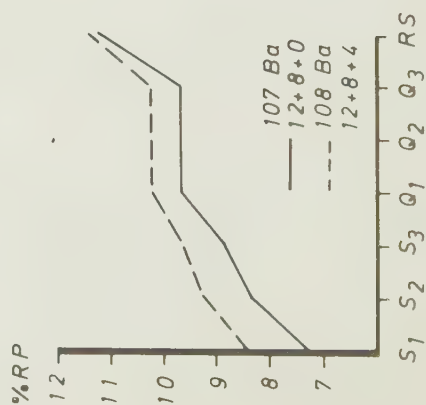
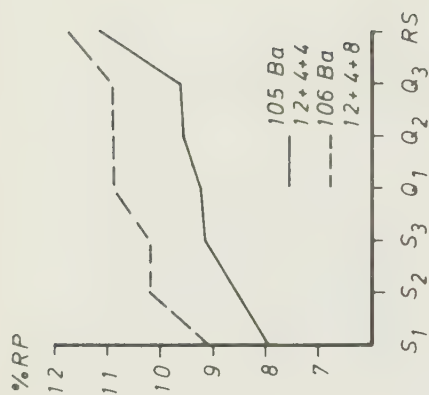
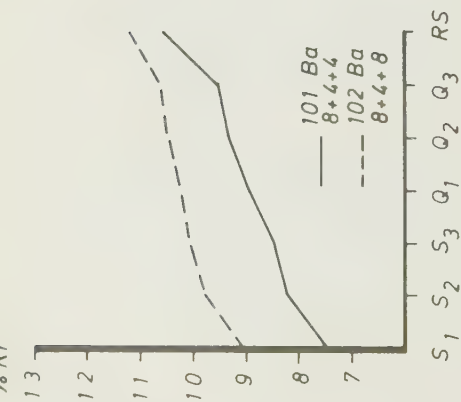
Tab. 15: Ergebnisse eines Kleinmahlversuches an den Kornproben der Boden-Sand-Gefäße
Rohproteingehalte der einzelnen Mahlfractionen in % vom Rohproteingehalt des Ganzkornes.

Variante	Düngung	Ganz- korn	Bohr- mehl	S ₁	S ₂	S ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	RS
105 Ba	12+4+4	100	78,2	81,3	87,8	94,3	94,4	98,2	98,2	114,6
105 Bb	12+4+4	100	73,9	75,1	84,8	87,7	95,8	96,2	96,5	110,0
106 Ba	12+4+8	100		83,5	93,9	93,0	100,2	100	99,5	107,7
106 Bb	12+4+8	100		79,2	92,5	93,4	100	100	100	108,2
107 Ba	12+8+0	100	72,7	71,0	81,7	86,3	95,0	99,2	94,3	109,8
107 Bb	12+0+8	100	80,9	89,1	96,9	97,5	101,0	100	99,3	103,5
108 Ba	12+8+4	100		81,7	90,1	94,1	99,9	100	100	110,3
108 Bb	12+8+4	100		80,7	87,1	91,7	96,9	95,8	95,0	103,9

Je weiter man aber in das Innere des Kornes geht, desto größer werden die durch eine höhere Spät-N-Düngung verursachten Unterschiede im Rohproteingehalt. In der S₁-Fraktion sind Differenzen im Rohproteingehalt von absolut fast 3 % festzustellen (vergleiche die Varianten 107 Ba mit 7,28 % Rohprotein in der S₁-Fraktion und 107 Bb mit 10,16 % Rohprotein in der S₁-Fraktion). Bei den Varianten 101 und 102 ist infolge der erhöhten 3. N-Gabe eine Rohproteingehaltssteigerung in der S₁-Fraktion von 7,4 auf 9,5 % festzustellen. Ebenfalls absolut um etwa 2 % steigt der Rohproteingehalt in der S₁-Fraktion bei den Varianten 103 und 104.

Bei den Varianten mit 1,2 g N als 1. N-Gabe und 0,4 g N als 2. Gabe steigt der Rohproteingehalt in der S₁-Fraktion mit steigender 3. N-Gabe nicht mehr so stark an (von 7,8 bei Variante 105 auf 9,1 bei Variante 106), trotzdem ist eine deutlich positivere Wirkung der erhöhten 3. N-Gabe auf den Rohproteingehalt zu beobachten im Vergleich zu der Wirkung der 2. N-Gabe. Während die Steigerung der 3. N-Gabe eine Rohproteingehaltszunahme von 7,8 (12+4+4) auf 9,1 (12+4+8) verursacht (Varianten 105 und 106), ermöglicht die Steigerung der 2. N-Gabe nur eine solche um relativ 7,8 % (Variante 12+4+4) auf 8,7 % (Variante 12+8+4). Wie wichtig der Zeitpunkt der N-Düngung für die Höhe des Rohproteingehaltes im Endosperm ist, geht neben dem eben genannten Beispiel aus dem Vergleich der Varianten 107 Ba (12+8+0) und 107 Bb (12+0+8) hervor. 0,8 g N als 2. Gabe verabreicht, erbringt einen absoluten Rohproteingehalt von 7,28 % in der S₁-Fraktion, und 0,8 g N als 3. Gabe bewirkt eine Rohproteingehaltssteigerung in derselben Fraktion auf absolut 10,2 %, was einer relativen Steigerung von 40 % entspricht. Der Rohproteinverlust vom Ganzkorn zur S₁-Fraktion beträgt entsprechend 29 % bzw. 11 %.

Von der S₂-Fraktion bis zum Restschrot nehmen die Differenzen zwischen den Rohproteingehalten, bedingt durch eine steigende N-Düngung, besonders aber durch erhöhte 3. N-Gaben, laufend ab, wie auch in Darstellung 34 gut



Darst. 34

Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Rohproteingehalte in den Mehlfraktionen S₁ bis RS

zu erkennen ist. Die positive Reaktion im Rohproteingehalt auf eine gesteigerte N-Düngung, besonders auf erhöhte 3. N-Gaben, ist also in den ersten Fraktionen (innerstes Endosperm) am stärksten.

Die Rohproteingehalte in den Mahlfractionen S_1 bis Restschrot der Sandgefäßvarianten (Tab. 16) liegen im Mittel um absolut 1 % höher als bei den Bodengefäßvarianten. Infolge der Ertragsdepressionen ist kein so klares Bild wie bei den Bodengefäßvarianten zu erkennen. Trotzdem ist auch hier vom Korninnersten (S_1 -Fraktion) zum Kornäußeren (Restschrot) ein Anstieg des Rohproteingehaltes festzustellen. Auch eine nach erfolgter Spätdüngung verstärkte Rohproteineinlagerung in das Endosperm ist zumindest in der Tendenz zu beobachten. Einem Rohproteingehaltsanstieg im Restschrot von absolut 0,4 % (Varianten 107 Sa und 107 Sb) steht ein solcher in der S_1 -Fraktion von absolut 0,9 % gegenüber (Varianten 107 Sa und 107 Sb). Ähnliche Beobachtungen sind beim Vergleich der Rohproteingehalte im Restschrot und in der S_1 -Fraktion der Varianten 105 Sa bis 106 Sb zu machen.

cc) Rohproteingehalt im Bohrmehl

Um nun festzustellen, inwieweit die S_1 -Fraktion wirklich mit dem Korninnersten identisch ist, wurden an den Körnern der Bodengefäßvarianten 101 Ba bis 105 Bb, 107 Ba und 107 Bb Kornausbohrungen in der am Anfang beschriebenen Weise vorgenommen. Die Rohproteingehalte in den so gewonnenen Bohrmehlen wurden denen der S_1 -Fraktion gegenübergestellt. Dabei fällt auf, daß die Variante 107 Bb (12+0+8) in ihrem Bohrmehl weniger Rohprotein enthält als in der S_1 -Fraktion (absolute Differenz 1 % RP), während bei allen anderen Varianten die Rohproteingehalte in etwa übereinstimmen (größte Differenzen bei 104 Ba 0,3; 104 Bb 0,2 und 105 Ba 0,3 % RP). Mikroskopische Untersuchungen der Varianten 107 Ba und 107 Bb zeigen, daß bei härteren Weizenproben die große Differenz zwischen den Rohproteingehalten des Bohrmehls und der S_1 -Fraktion (Sedimentationsmehl) auf das

Tab. 16: Ergebnisse eines Kleinmahlversuches an den Kornproben der Sand-Gefäße
 Rohproteingehalte (Nx5, 7) in % von ATM in den Mahlfractionen.

Variante	Düngung	Ganzkorn	S ₁	S ₂	S ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Restschrot
105 Sa	12+4+4	11, 22	9, 95	10, 73	10, 92	11, 20	11, 27	11, 23	12, 28
105 Sb	12+4+4	10, 86	9, 24	10, 12	10, 25	10, 96	10, 82	10, 82	12, 34
106 Sa	12+4+8	12, 15	11, 10	11, 65	11, 95	12, 02	11, 90	11, 77	12, 80
106 Sb	12+4+8	13, 00	12, 21	12, 62	12, 81	12, 69	12, 78	12, 59	13, 60
107 Sa	12+8+0	10, 26	8, 48	9, 24	9, 56	10, 25	10, 25	10, 00	11, 71
107 Sb	12+0+8	11, 15	9, 80	10, 45	10, 82	10, 98	11, 07	10, 82	12, 06
108 Sa	12+8+4	12, 33	11, 05	11, 77	12, 00	12, 40	12, 10	12, 10	12, 91
108 Sb	12+8+4	12, 13	11, 18	11, 77	12, 10	12, 47	12, 40	12, 40	12, 86

Vorhandensein äußerer Kornschichten in der durch Vermahlung gewonnenen S_1 -Fraktion, die ja dem Sedimentationsmehl entspricht, zurückzuführen ist.

Diese Untersuchungsergebnisse zeigen eindeutig, daß das heute bei der Qualitätsbeurteilung von Brotweizen benutzte "Sedimentationsmehl" bei weicheren und mittelharten Weizen offenbar doch weitestgehend aus dem innersten Endosperm stammt, daß aber bei sehr harten Weizen (z. B. verursacht durch hohe N-Düngung) und "zu trockener" Vermahlung auch sehr leicht eiweißreiche Außenschichten in das Sedimentationsmehl gelangen können und somit die Sedimentationswertbestimmung mit beeinflussen.

cd) ^{15}N % von Gesamt-N in den einzelnen Mahlfractionen

Die Ergebnisse der ^{15}N -Bestimmungen in % ^{15}N vom Gesamt-N sind in Tabelle 17 zusammengefaßt und in Abbildung 35 dargestellt. Wie sowohl aus der Tabelle 17 als auch aus der Darstellung 35 zu entnehmen ist, sind in den prozentualen ^{15}N -Anteilen am Gesamt-N in den einzelnen Mahlfractionen einer Variante keine Differenzen festzustellen, wenn die 2. N-Gabe markiert war. Das trifft sowohl für die Boden- als auch für die Sandgefäß-Reihe zu - bei den letzteren mit Abweichungen, die aber schon durch die Ertragsdepressionen bedingt sein können.

Bei markierter 3. N-Gabe können, wenn auch nur geringe, so doch eindeutige Abnahmen des ^{15}N -Anteils am Gesamt-N von der S_1 -Fraktion zum Restschrot festgestellt werden. Zum Beispiel bleibt bei der Variante 105 Ba, also bei markierter 2. N-Gabe, der ^{15}N -Anteil am Gesamt-N bei allen Fraktionen - mit Ausnahme der S_3 -Fraktion - bei 18,7 %, während bei markierter 3. N-Gabe der ^{15}N -Anteil am Gesamt-N von 22,4 auf 21,0 % abnimmt. Das gleiche Bild ergibt sich beim Vergleich der Varianten 107 Ba und 107 Bb und weniger deutlich, aber in der Tendenz zu erkennen, bei den Varianten 106 Ba und 106 Bb. Bei den Varianten 108 Ba und 108 Bb sind weder bei markierter 2. noch bei markierter 3. N-Gabe Differenzen zwischen den ^{15}N -Anteilen am Gesamt-N in den einzelnen Mahl-

Tab. 17: Ergebnisse eines Kleinmahlversuches an den Kornproben der Boden-Sand- und Sand-Gefäße

¹⁵N-Anteil am Gesamt-N in den einzelnen Mahlfractionen (in %)

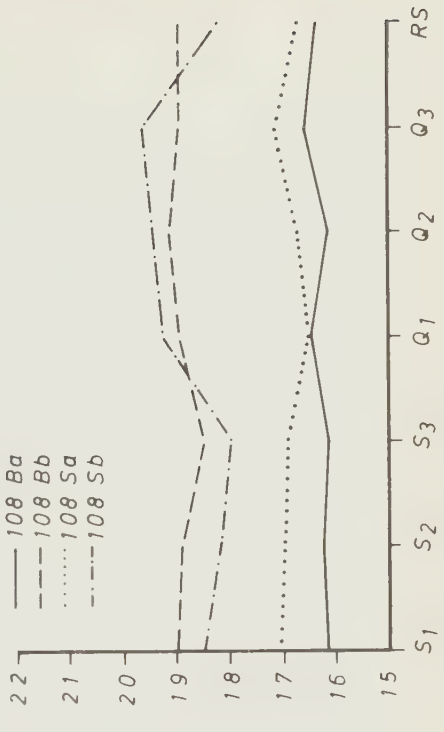
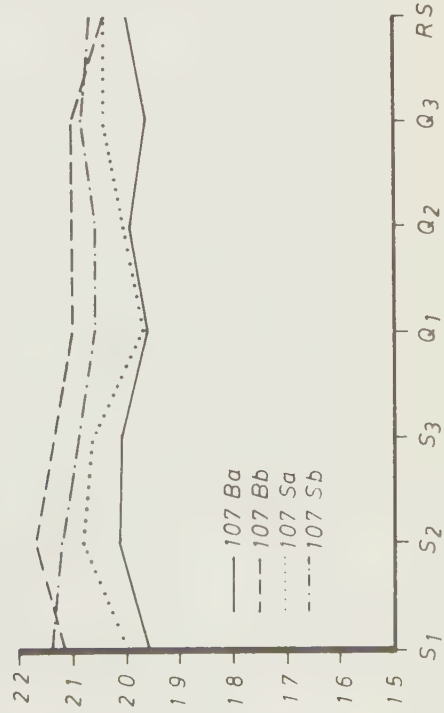
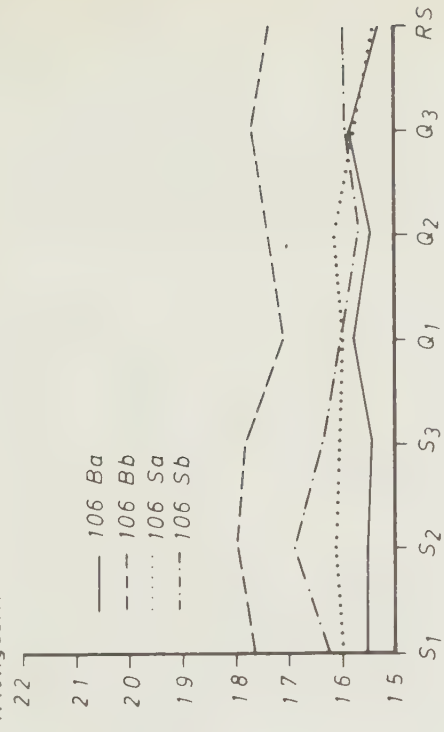
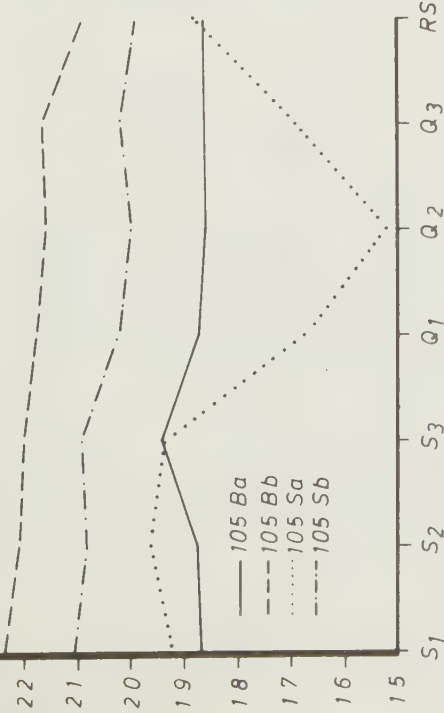
Variante	Düngung	S ₁	S ₂	S ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Restschrot
105 Ba	12+4+4	18,69	18,79	19,44	18,73	18,66	18,64	18,67
105 Bb	12+4+4	22,37	22,09	22,03	21,79	21,62	21,69	20,96
106 Ba	12+4+8	15,57	15,57	15,44	15,80	15,50	15,88	15,31
106 Bb	12+4+8	17,64	17,97	17,85	17,11	17,46	17,71	17,28
107 Ba	12+8+0	19,61	20,13	20,09	19,59	19,94	19,63	20,01
107 Bb	12+0+8	21,25	21,70	21,37	21,02	21,07	21,06	20,47
108 Ba	12+8+4	16,18	16,25	16,14	16,48	16,13	16,58	16,37
108 Bb	12+8+4	18,98	18,88	18,48	18,96	19,12	18,97	18,96
105 Sa	12+4+4	20,00	19,64	19,33	16,72	15,25	16,93	18,82
105 Sb	12+4+4	21,11	20,85	20,95	20,24	20,01	20,26	19,92
106 Sa	12+4+8	15,98	16,13	16,05	15,99	16,16	15,71	15,47
106 Sb	12+4+8	32,46	33,80	32,79	25,92	31,39	31,91	32,08
107 Sa	12+8+0	39,96	41,61	41,27	39,37	40,16	40,91	40,90
107 Sb	12+0+8	42,83	42,41	41,84	41,19	41,18	41,74	41,37
108 Sa	12+8+4	34,09	33,96	33,77	32,92	33,50	34,16	33,52
108 Sb	12+8+4	18,48	18,14	17,93	19,26	23,07	19,67	18,26

Darst. 35 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die ^{15}N -Gehalte in den Mehlfractionen S_1 bis Restschrot (RS)

$^{15}\text{N}\%$ ges. N

$^{15}\text{N} = 400 \text{ mg}$

$^{15}\text{N}\%$ v. ges. N



fraktionen zu beobachten. Die genannten Varianten waren aus den 1. und 2. N-Gaben offenbar schon so ausreichend mit N versorgt, daß die 3. N-Gabe nicht mehr zu einer direkten, zusätzlich verstärkten N-Einlagerung in das Korninnere führen konnte.

Aus den Abnahmen des ^{15}N -Anteils am Gesamt-N von der S_1 -Fraktion zum Restschrot bei markierter 3. N-Gabe bzw. aus den gleichen ^{15}N -Anteilen am Gesamt-N in den einzelnen Mahlfractionen bei markierter 2. N-Gabe kann man schließen, daß in Übereinstimmung mit den in der vorjährigen Gefäßversuchsreihe gefundenen Ergebnissen neben der direkten Einlagerung der 3. N-Gabe in das Korn eine Verlagerung der zuerst im Stroh eingelagerten 2. N-Gabe erfolgen muß. Und zwar wird die 3. N-Gabe zunächst in alle Kornschichten eingelagert, worauf am Ende der Kornbildungsphase durch die Verlagerung von N der 2. Gabe aus dem Stroh in das Korn in den äußeren Kornschichten eine Verdünnung des N aus der 3. Gabe erfolgt und damit auch (bei markierter 3. N-Gabe) eine Abnahme des ^{15}N -Anteils am Gesamt-N in den äußeren Kornschichten, d. h. zum Restschrot hin.

Einen weiteren Beweis für diese Feststellung liefert folgende Untersuchung (Tab. 18):

Während der prozentuale ^{15}N -Anteil am Gesamt-N von relativ 100 bei markierter 2. N-Gabe nur auf relativ 107 bei markierter 3. N-Gabe steigt, erhöht sich im ausgebohrten Endosperm der ^{15}N -Anteil am Gesamt-N von relativ 100 bei markierter 2. N-Gabe auf relativ 120 bei markierter 3. N-Gabe. Diese Ergebnisse wurden bei den Düngungsvarianten 105 Ba, 105 Bb, 107 Ba und 107 Bb gefunden.

Tab. 18: ^{15}N -% vom Gesamt-N im Ganzkorn, in der S_1 -Mahlfraktion und im Bohrmehl.

Variante	Düngung	im Ganzkorn		i. d. S_1 -Fraktion		im Bohrmehl	
		^{15}N %	relativ	^{15}N %	relativ	^{15}N %	relativ
105 Ba	12+ <u>4</u> +4	19,59	100	18,69	100	14,93	100
105 Bb	12+4+ <u>4</u>	21,03	107	22,37	120	17,92	120
107 Ba	12+ <u>8</u> +0	39,61	100	39,22	100	32,71	100
107 Bb	12+0+ <u>8</u>	42,27	107	42,30	108	39,35	120

Der relativ geringe Anstieg des ^{15}N -Anteils am Gesamt-N in der S_1 -Fraktion von 100 (Variante 107 Ba) auf 108 (Variante 107 Bb) kann auf das Vorhandensein äußerer Kornschichten in der S_1 -Fraktion zurückgeführt werden (siehe auch Rohproteingehalt in der S_1 -Fraktion); im Bohrmehl sind sie nicht vorhanden, was auch durch mikroskopische Untersuchungen der Bohrmehle belegt werden konnte.

d) Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Proteinfraktionen im Weizenkorn und in den einzelnen Mahlfraktionen

Neben der Proteinmenge ist auch die Proteinzusammensetzung in den einzelnen Mahlfraktionen untersucht worden, und in den verschiedenen Proteinfraktionen der einzelnen Mahlfraktionen wurde der Anteil des ^{15}N aus den 2. und 3. N-Gaben am Gesamt-N-Gehalt bestimmt. Hierzu wurden zunächst die Bodengefäß-Varianten 105-108 benutzt.

Die progressive Extraktion, wie sie MAES und BODO beschrieben haben, erfolgte in einer mit Sand-Schrot- bzw. Sand-Mehl-Mischung gefüllten Austauschersäule mit nachstehend aufgeführten Lösungsmitteln:

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 1. 100 ml destilliertes Wasser | - Albumin + Nicht-Eiweiß-N |
| 2. 100 ml 0,5 n NaCl-Lösung | - Globulin |
| 3. 100 ml 50 %ige Isopropanol-Lösung | - Prolamin |
| 4. 100 ml 0,1 n KOH-Lösung | - Glutenin |

Der Stickstoff wurde in den so erhaltenen Proteinfractionen nach Kjeldahl bestimmt und in mg N pro 10 g ATM Einwaage (Mehl bzw. Schrot) angegeben. Außerdem wurde der Prozentanteil vom gesamtlöslichen Stickstoff errechnet.

da) Proteinfractionen im Ganzkorn

Wie aus der Tabelle 19 und aus Darstellung 36 zu entnehmen ist, stellt das Globulin im Ganzkorn bei allen Düngungsvarianten die kleinste der Proteinfractionen dar. Das Albumin (+Nicht-Eiweiße) und die beiden Reserveeiweißstoffe liegen etwa in der gleichen Größenordnung. Diese Albumingehalte von etwa 30 % sind unerwartet hoch. In Körnern aus Feldversuchen wurden von uns Albumingehalte in % vom gesamtlöslichen Stickstoff um 20 % festgestellt. Während das Albumin nicht auf eine N-Steigerung reagiert und das Globulin nur bei den Varianten 107 Ba (1,2+0,8+0,0) und 107 Bb (1,2+0,0+0,8) geringe Differenzen aufweist, reagieren die Proteinfractionen Prolamin und Glutenin auf die N-Steigerungen mit starken Gehaltserhöhungen.

Zum Beispiel liegen die 3 Proteinfractionen Albumin, Prolamin und Glutenin in der Variante 105 (12+4+4) im Gehalt gleich hoch. Durch die erhöhte 3. N-Gabe (Variante 106 12+4+8) bleibt die Albuminfraction auf gleichem Niveau, die Prolamin- und Gluteninfractionen aber steigen beide um etwa 6 mg. Deutliche Differenzen zwischen dem Prolamin und dem Glutenin hinsichtlich ihres Verhaltens auf gesteigerte N-Gaben treten erst bei den Varianten 107 Ba und 107 Bb und 108 auf. Die Prolaminfraction steigt von 107 Ba (12+8+0) nach 107 Bb (12+0+8) viel stärker an, und zwar von 43,8 mg auf 59,8 mg, dagegen wird die Gluteninfraction nur um 6 mg von 40,5 auf 46,2 mg erhöht.

Tab. 19: Ergebnisse eines Kleinhmahlversuches an den Kornproben der Boden-Sand-Gefäße

N- bzw. Proteinfraktionen im Ganzkorn in Abhängigkeit von der N-Düngung
(in mg N/10 g ATM und in % des gesamtlöslichen N)

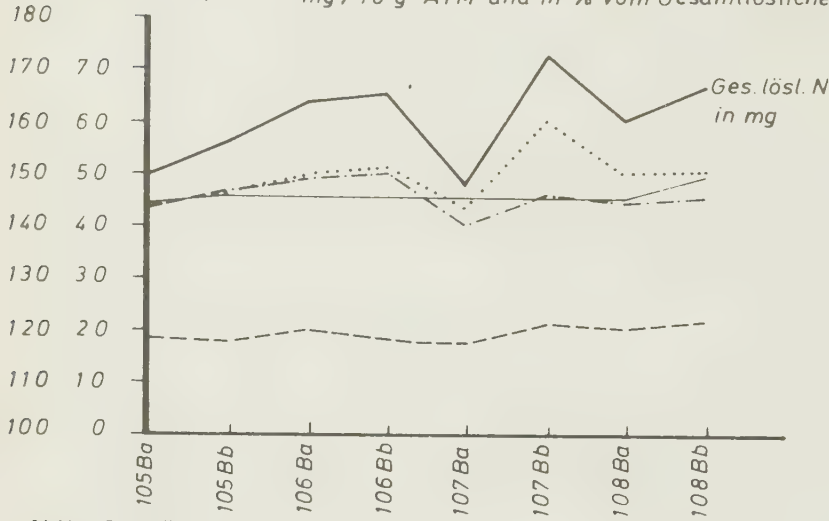
Variante	Düngung	Albumin mg	Albumin %	Globulin mg	Globulin %	Prolamin mg	Prolamin %	Glutenin mg	Glutenin %	mg gesamt- lösli. N
105	12+4+4	45,26	29,5	18,28	11,9	44,74	29,2	44,97	29,3	153,26
106	12+4+8	45,14	27,3	19,33	11,7	50,64	30,6	50,15	30,3	165,28
107 Ba	12+8+0	45,72	30,9	17,89	12,1	43,76	29,6	40,50	27,4	147,88
107 Bb	12+0+8	45,53	26,3	21,53	12,4	59,79	34,5	46,20	26,7	173,06
108	12+8+4	47,35	28,9	21,25	13,0	50,13	30,6	45,23	27,6	163,97

Darst. 36

Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Proteinfractionen in mg/10 g ATM und in % vom Gesamtlöslichen N

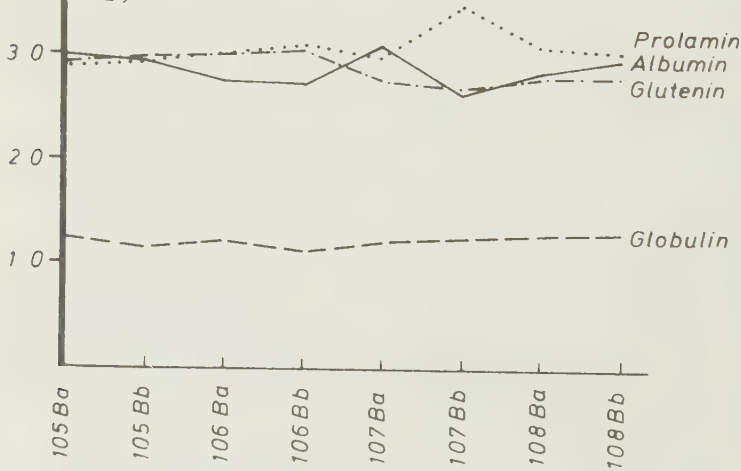
mgN/10 g ATM

a)



% N v. Ges. lösl. N

b)



Betrachtet man die Anteile der Proteinfractionen am gesamtlöslichen Stickstoff (Darstellung 36), so bewirkt die erhöhte 3. N-Gabe bei der Albuminfraktion trotz gleichbleibender absoluter Menge einen Rückgang des Albuminanteils (siehe Varianten 105 und 106 bzw. 107 Ba und 107 Bb).

Bezüglich der Gluteninfraktion ist zu sagen, daß trotz steigender absoluter N-Menge um etwa 6 mg von Variante 107 Ba zu Variante 107 Bb eine relative Abnahme des Gluteninanteils am Gesamt-N durch erhöhte 3. N-Gabe zu beobachten ist.

Die Prolaminanteile am gesamtlöslichen N sind in den Varianten 105 (12+4+4) und 107 Ba (12+8+0) gleich hoch wie die Albuminanteile am gesamtlöslichen N.

Während aber die relativen Albumingehalte, bedingt durch die erhöhten 3. N-Gaben, zurückgehen, steigen die relativen Prolamingehalte stark an (Varianten 106 12+4+8 und 107 Bb 12+0+8). Die Globulingehalte in % vom gesamtlöslichen N zeigen - wie auch die absoluten Werte - keine nennenswerten Differenzen infolge der erhöhten N-Gaben.

Tabe. 20: ¹⁵N % von Gesamt-N in den Proteinfractionen des Ganzkornes

Variante	Düngung	Albumin	Globulin	Prolamin	Glutenin
105 Ba	12+ <u>4</u> +4	18,03	18,95	19,28	19,73
105 Bb	12+4+ <u>4</u>	19,95	20,81	21,85	17,31
106 Ba	12+ <u>4</u> +8	15,42	16,12	16,20	16,04
106 Bb	12+4+ <u>8</u>	17,36	18,02	18,42	18,53
107 Ba	12+ <u>8</u> +0	19,19	20,50	20,80	20,22
107 Bb	12+0+ <u>8</u>	19,68	21,70	22,03	21,98
108 Ba	12+ <u>8</u> +4	15,62	16,09	16,91	16,48
108 Bb	12+8+ <u>4</u>	17,89	18,67	19,55	19,98
M		17,89	18,86	19,49	18,78

db) ^{15}N % von Gesamt-N in den Proteinfractionen des Ganzkornes

Bei der Untersuchung des ^{15}N -Anteiles am Gesamt-N in den Proteinfractionen des Ganzkornes wird deutlich, daß die markierte 3. N-Gabe zu höheren ^{15}N -Prozenten in allen Proteinfractionen führt als eine markierte 2. N-Gabe (Tabelle 20 und Darstellung 37).

In allen Düngungsvarianten liegen die ^{15}N -Anteile im Albumin am niedrigsten und im Prolamin am höchsten, mit Ausnahme der Variante 108 Bb. Hier liegt der ^{15}N -Gehalt im Glutenin am höchsten.

Die interessantesten Varianten sind auch hier die Varianten 107 Ba und 107 Bb.

Die geringste Steigerung des ^{15}N -Anteiles am Gesamt-N durch Verabreichung einer markierten 3. N-Gabe im Gegensatz zu einer markierten 2. N-Gabe erfährt das Albumin. Dann folgen die Proteinfractionen Globulin und Glutenin. Die höchsten ^{15}N -Prozente sind bei der Prolaminfraktion zu finden.

Wie schon die absolute, aber noch mehr die relative Steigerung des Prolaminstickstoffs im Ganzkorn zeigte, deutet auch die der Prolaminfraktion, bedingt durch die erhöhte 3. N-Gabe, auf eine vorzugsweise Synthese der Prolaminfraktion durch eine Spät-N-Gabe hin bzw. auf die Einlagerung der Spät-N-Gabe in die Prolaminfraktion.

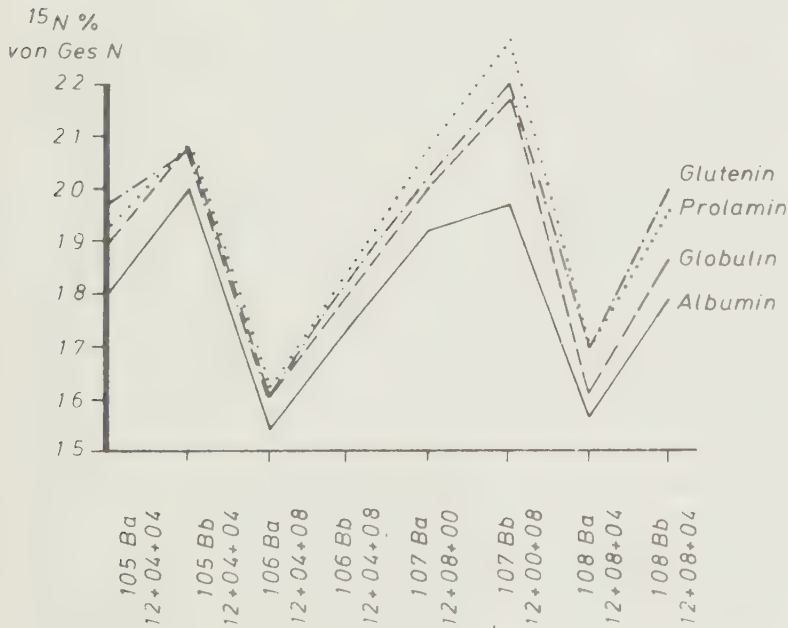
dc) Proteinfractionen in den Mahlfractionen

In Vertiefung der Untersuchung darüber, wo der Stickstoff aus der 2. oder 3. N-Gabe vorwiegend eingelagert wird, wurden auch die Mahlfractionen einer Eiweißtrennung unterzogen.

Aus Materialmangel wurden die Mahlfractionen S_1 bis Restschrot zum Teil in Mischproben - entsprechend ihrer Mehlausbeute nach Absiebung über

Darst: 37

Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die ^{15}N -Anteile von Gesamt-N in den Proteinfractionen



150 μ Gaze - untersucht. Die Ergebnisse der Eiweißtrennungen in den Mahlfractionen S_2 , S_{2+3} , Q_{1-3} und Restschrot sind in Darstellung 38 wiedergegeben.

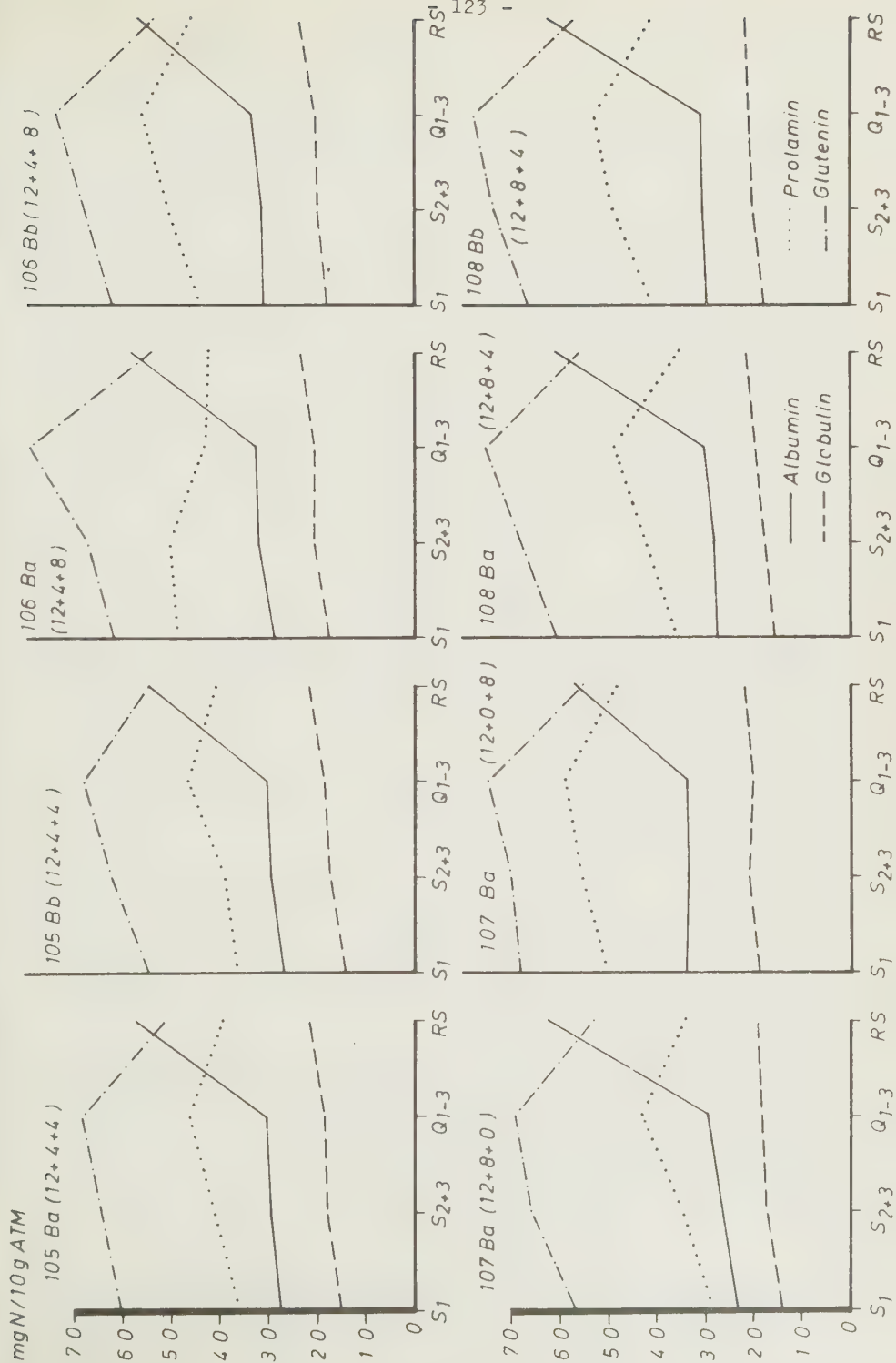
Wie deutlich zu erkennen ist, nehmen bei allen Varianten die vier Proteinfractionen - Albumin, Globulin, Prolamin und Glutenin - von der S_1 - bis zur Q_{1-3} -Fraktion in ihrer absoluten Höhe zu, wobei die Reserveeiweiße Prolamin und Glutenin die jeweils größeren Steigerungen aufweisen.

Der sehr starke Anstieg des Glutenins bei Variante 106 Ba bei gleichzeitigem Abfall des Prolamins in der Q_{1-3} -Fraktion ist offenbar auf einen Analysenfehler zurückzuführen. Während in den genannten Mahlfractionen S_1 , S_{2+3} und Q_{1-3} das Glutenin die höchsten absoluten N-Werte in mg/10 g ATM zeigt, gefolgt von den Proteinfractionen Prolamin, Albumin und Globulin, erreicht die Albuminfraktion im Restschrot nach einem starken N-Gehaltsanstieg bei gleichzeitig deutlichem Abfall des Glutenins und Prolamins den höchsten Wert.

Bei den prozentualen Anteilen der Proteinfractionen am gesamtlöslichen Stickstoff in den Mahlfractionen S_1 , S_{2+3} und Restschrot fällt auf, daß trotz absoluten Anstiegs der Gluteninfraktion von S_1 bis Q_{1-3} ein gleichbleibender relativer Gehalt bzw. ein relativer Abfall zu beobachten ist. Dagegen bleibt wegen der sehr starken absoluten Prolaminsteigerung von S_1 nach Q_{1-3} auch eine relative Vermehrung des alkohollöslichen Proteins von S_1 nach Q_{1-3} erhalten.

Die Albuminfraktion erfährt trotz mehr oder weniger deutlichen absoluten Gehalts-Steigerungen von S_1 nach Q_{1-3} in ihren prozentualen Anteilen am gesamtlöslichen N eine Abnahme. Die Globulinfraktion bleibt in ihren relativen Gehalten in allen Mahlfractionen gleich, obwohl in ihren absoluten

Darst. 38 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Proteinfraktionen in den Mahlfractionen in mg/10 g ATM



Werten bei allen Düngungsvarianten ein linearer Gehaltsanstieg von der S_1 -Fraktion zum Restschrot festzustellen ist.

In Abhängigkeit von der N-Düngung sind bei den Proteinfractionen Albumin und Globulin keine deutlichen Veränderungen zu beobachten, außer bei der Variante 107 Bb (12+0-8). Hier nimmt das Albumin in den Mahlfractionen S_1 bis Q_{1-3} absolut deutlich zu, was aber in den relativen Gehalten nicht mehr zu erkennen ist. Viel bemerkenswerter sind die N-Düngungs-abhängigen Verschiebungen in den Prolamin- und Gluteningehalten. Durch steigende 3. N-Gaben nimmt die Prolaminfraktion stärker zu als die Gluteninfraktion (vergleiche Varianten 105 und 106; 107 Ba und 107 Bb; 107 Ba und 108), was ganz besonders deutlich bei den prozentualen Prolamin- bzw. Gluteningehalten zum Ausdruck kommt (Darstellung 39).

Außerdem geht aus Darstellung 39 eindeutig hervor, daß die Prolamineinlagerung in Abhängigkeit gesteigerter 3. N-Gaben in der S_1 -Fraktion relativ größer ist als in den folgenden Mahlfractionen S_{2+3} und Q_{1-3} . Zum Beispiel steigt der prozentuale Prolamingehalt am gesamtlöslichen Stickstoff bei der Variante 107 Ba (12+8+0) von 23,3 % in der S_1 -Fraktion auf 26,8 % in der Fraktion Q_{1-3} , also um 3,5 %. Dagegen beträgt bei der Variante 107 Bb (12+0+8) der prozentuale Prolaminanstieg von der S_1 -Fraktion (29,3 %) zur Fraktion Q_{1-3} (31,5 %) nur noch 2,2 %.

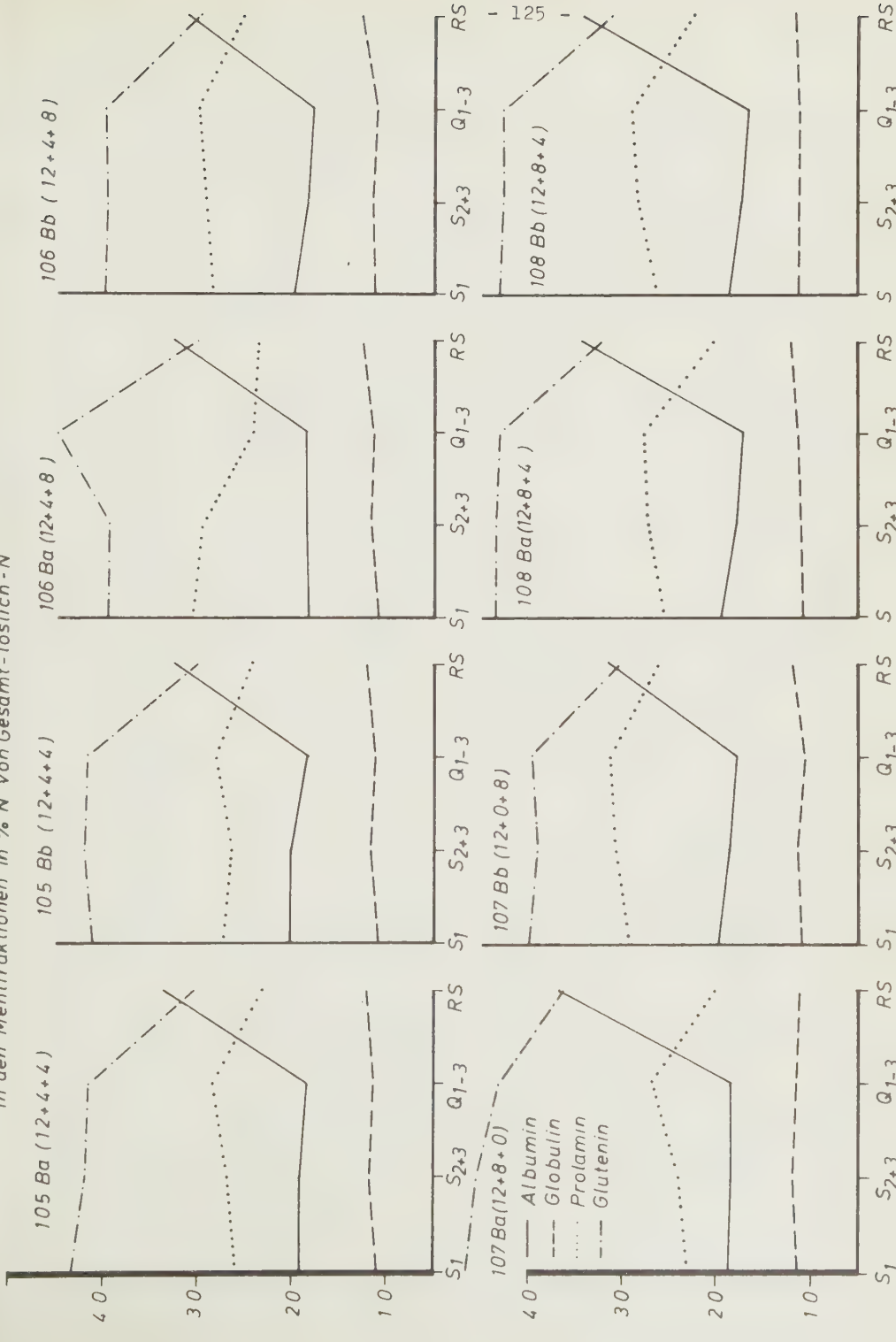
dd) 15 N-Anteile am Gesamt-N in den Proteinfractionen der Mahlfractionen

Die Ergebnisse der 15 N-Untersuchungen sind in Tabelle 21 und Darstellung 40 zusammengefaßt.

Wie schon bei den 15 N-Untersuchungen im Ganzkorn und in den Proteinfractionen im Ganzkorn ist auch hier wieder eindeutig festzustellen, daß eine markierte 3. N-Gabe zu höheren 15 N-Gehalten in den Proteinfractionen der Mahlfractionen führt im Vergleich zu einer markierten 2. N-Gabe.

Darst. 39 Der Einfluß zeitlich gestaffelter, unterschiedlich hoher N-Gaben auf die Proteinfraktionen

in den Mehlfractionen in % N von Gesamt-löslich-N



Tab. 21: Ergebnisse eines Kleinmahlversuches an den Kornproben der Boden-Sand-Gefäße

¹⁵N-Anteil am Gesamt-N in den Proteinfractionen der Mahlfractionen

Mahlfraction	H ₂ O-lösl.	NaCl-lösl.	Alkohol-lösl.	KOH-lösl.
105 Ba S ₁ 12+ <u>4</u> +4	17,67	17,78	17,90	18,33
S ₂₊₃	17,56	18,24	17,79	18,73
Q ₁₋₃	16,94	17,25	17,89	18,22
RS	18,44	18,06	17,82	18,38
105 Bb S ₁ 12+4+ <u>4</u>	20,44	20,76	21,58	21,82
S ₂₊₃	20,51	20,91	21,48	21,86
Q ₁₋₃	20,03	19,56	20,77	21,34
RS	19,16	20,17	20,76	20,97
106 Ba S ₁ 12+ <u>4</u> +8	15,26	15,34	15,28	15,71
S ₂₊₃	15,40	15,48	15,30	15,60
Q ₁₋₃	15,29	15,15	15,35	15,67
RS	15,94	15,64	15,81	16,01
106 Bb S ₁ 12+4+ <u>8</u>	33,50	33,50	35,37	35,26
S ₂₊₃	34,35	33,72	34,23	35,24
Q ₁₋₃	32,45	32,69	33,79	34,46
RS	33,11	32,24	34,53	34,00
107 Ba S ₁ 12+ <u>8</u> +0	37,55	37,99	39,11	39,84
S ₂₊₃	38,05	38,29	39,47	40,63
Q ₁₋₃	37,46	37,54	38,63	39,63
RS	38,08	37,72	39,47	39,65
107 Bb S ₁ 12+0+ <u>8</u>	40,28	41,19	43,29	42,34
S ₂₊₃	41,45	41,04	43,45	42,57
Q ₁₋₃	40,11	39,62	42,82	41,92
RS	38,56	39,21	42,43	40,32
108 Ba S ₁ 12+ <u>8</u> +4	30,98	29,94	31,65	31,71
S ₂₊₃	30,77	30,98	31,53	30,67
Q ₁₋₃	31,23	31,30	31,71	30,65
RS	31,44	30,44	31,89	31,09
108 Bb S ₁ 12+8+ <u>4</u>	18,42	18,60	18,52	18,29
S ₂₊₃	18,67	18,39	18,57	17,94
Q ₁₋₃	19,82	18,86	18,76	17,83
RS	19,66	17,97	18,59	17,99

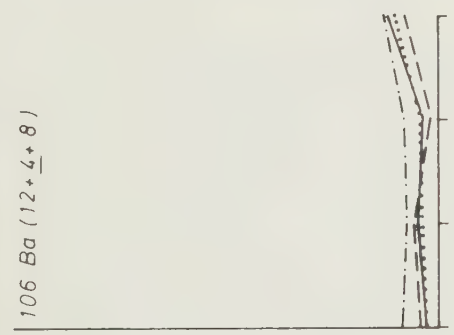
15N % v. Ges. N

Darstellung des zeitlichen Einflusses der Proteinfraktionen auf die 15N-Gaben

105 Ba (12+4+4)



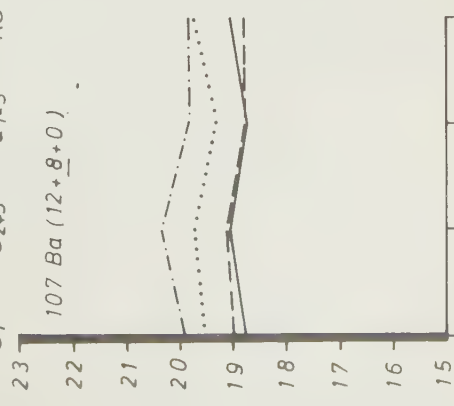
106 Ba (12+4+8)



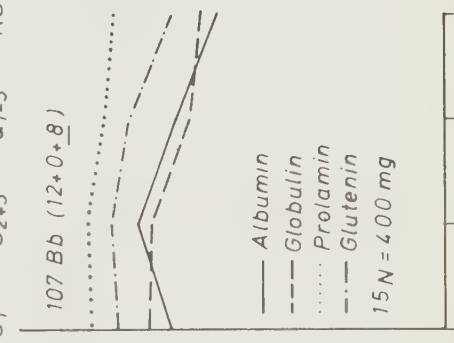
106 Bb (12+4+8)



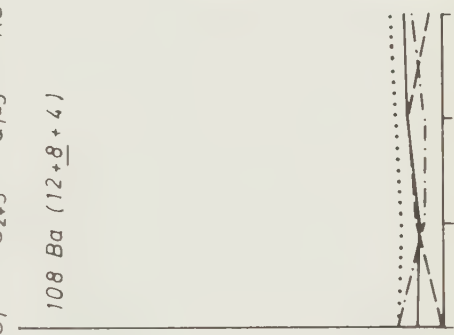
107 Ba (12+8+0)



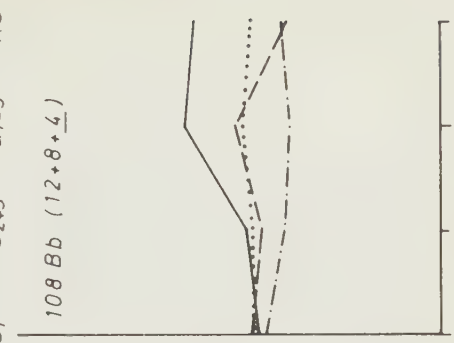
107 Bb (12+0+8)



108 Ba (12+8+4)



108 Bb (12+8+4)



Während man bei markierter 2. N-Gabe einen jeweils gleichbleibenden ^{15}N -Gehalt in den Proteinfractionen von S_1 bis Restschrot beobachten kann, fällt der ^{15}N -Anteil am Gesamt-N bei markierter 3. N-Gabe in allen Proteinfractionen von S_1 zum Restschrot hin, also vom Korninnersten nach außen ab (siehe Varianten 105 Bb, 106 Bb, 107 Bb). Der starke Anstieg des ^{15}N -Anteils am Gesamt-N im Albumin von S_{2+3} nach Q_{1-3} der Variante 108 Bb (12+8+4) ist nicht ohne weiteres zu erklären.

Innerhalb der Proteinfractionen weisen die Reserveeiweiße Prolamin und Glutenin bei markierter 3. N-Gabe die höchsten ^{15}N -Anteile am Gesamt-N auf. Zur Bestätigung der oben erwähnten Beobachtung, daß durch erhöhte 3. N-Gaben die Prolaminsynthese bevorzugt wird, soll noch einmal auf die Varianten 107 Ba (12+8+0) und 107 Bb (12+0+8) hingewiesen werden. Bei der Variante mit 0,8 g N als 2. Gabe liegt der ^{15}N -Anteil am Gesamt-N in der Gluteninfraction über dem in der Prolaminfraction. Werden aber die 0,8 g N als 3. N-Gabe gegeben, erreichen die ^{15}N -Anteile in der Prolaminfraction die höchsten Werte.

3. Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse

In der ersten Versuchs-Reihe war der Einfluß steigender und zeitlich gestaffelter N-Gaben auf die Ausbildung von Haupt- und Nebenhalmen, auf Kornzahl je Ähre und Tausend-Korn-Gewicht sowie mittels markierten Stickstoffs (^{15}N) auf die Einlagerung des Stickstoffs in die einzelnen Pflanzenteile untersucht worden.

Da es sich bei dieser im voraus beschriebenen Versuchsreihe um eine reine Gefäß-Sandkultur handelte und gewisse unterschiedliche Auswirkungen der differenzierten N-Düngung bei unterschiedlichem Bodensubstrat zu erwarten waren, ist hier nochmals eine Doppel-Versuchsreihe mit einer reinen Sandkultur einerseits und einer Boden-Sand-Mischkultur andererseits durchgeführt worden, deren Ziel in erster Linie die Erzeugung von entsprechendem Kornmaterial für eine fraktionierte Vermahlung war, bei deren Aufarbeitung aber zur Stützung der Ergebnisse der vorjährigen Versuchsreihe nochmals bei den wichtigsten Düngungsvarianten Ermittlungen über die Ertragsmorphologie angestellt wurden. Die Ergebnisse dieser ertragsmorphologischen Untersuchungen bestätigen die in der früheren Versuchsreihe gewonnenen, und es läßt sich zusammenfassend dazu folgendes feststellen:

Die nach dem Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein von ährenlosen und ährentragenden Nebenhalmen ermittelten Einzelpflanzenkategorien A-D lassen einen deutlichen Einfluß der einzelnen N-Gaben auf die Ausbildung von Nebenhalmen erkennen. Erwartungsgemäß nimmt der Anteil der Pflanzen ohne Nebenhalme bzw. mit ährenlosen Nebenhalmen mit steigenden 1. und steigenden bzw. zusätzlichen 2. und 3. N-Gaben ab, während der Anteil der Pflanzen mit ährentragenden Nebenhalmen zunimmt.

Bei den Varianten mit mittleren und hohen Gesamt-Düngergaben gehören die meisten Einzelpflanzen zur Kategorie C (Haupthalme mit einem ährentragenden Nebenhalm).

Diese verstärkte Ausbildung von Nebenhalmen in Abhängigkeit von steigenden Gesamt-Düngergaben ist auch im Feldanbau in der Tendenz, nicht aber in dem Ausmaß wie im Gefäßversuch zu beobachten.

Die Anzahl der Pflanzen mit mehr als einem ährentragenden Nebenhalm war in jedem Fall gering und erreichte nur in Ausnahmefällen 20 %. Die Anteile der Nebenhalmähren am Gesamt-Kornertrag beläuft sich nur bei sehr hohen N-Gaben auf mehr als 20 %. Der Ertragsanteil der Nebenhalm ist also selbst bei diesen Gefäß-Pflanzenbeständen mit ihren im allgemeinen weit besseren Belichtungsverhältnissen als im Feldbestand relativ gering.

Von besonderem Interesse ist zweifellos die Feststellung, daß die Einzelährenerträge bei den Haupthalmähren der Kategorie B (Pflanzen mit Haupthalm und ährenlosem Nebenhalm) eindeutig am höchsten liegen und die der Haupthalmähren der Kategorie A (Pflanzen mit Haupthalm ohne Nebenhalm) von allen Haupthalmähren am niedrigsten, aber immer noch höher als bei allen Nebenthalmähren.

Ob die Unterlegenheit der Haupthalmährenerträge der Einzelpflanzenkategorien A ursächlich bedingt sind durch das Fehlen der Nebenhalm, oder das Fehlen der Nebenhalm zusammen mit den geringeren Erträgen ihre gemeinsame Ursache in einer allgemeinen Wachstumsbehinderung dieser Pflanzen haben (etwa infolge ihres Standes in der Mitte des Gefäßes), läßt sich anhand unserer Ergebnisse nicht aussagen.

Steigende 2. N-Gaben wirken sich im allgemeinen negativ auf die Einzelährenerträge der Haupthalme aus. Auch steigende 3. N-Gaben führen zu sinkenden Erträgen der Haupthalmähren mit Ausnahme der Haupthalmähren der Kategorie A. Die deutlich positive Wirkung auf den Einzelährenertrag der Haupthalmähren in der Kategorie A könnte einmal darauf beruhen, daß es sich bei diesen Pflanzen um bis zum Ährenschieben benachteiligte handelt, denen eine 3. N-Gabe besonders zugute kommt, oder aber sie be-

ruht darauf, daß hier die verstärkt gebildeten Assimilate nur in die Haupthalmkörner eingelagert werden können, während bei allen anderen Einzelpflanzenkategorien ein mehr oder weniger großer Assimilateanteil in die Nebenhalmkörner geleitet wird. Daß zumindest ein wesentlicher Teil der N-Assimilate in die Körner der Nebenhalm geht, zeigt sich an den höheren N-Gehalten in den Körnern der Nebenhalm im Vergleich zu denen der Haupthalme.

Von den Einzelkomponenten des Einzelährenertrages - Kornzahl je Ähre und Tausend-Korn-Gewicht - ist die Kornzahl je Ähre stärker durch steigende und zusätzliche späte N-Gaben beeinflusst, und der positive Einfluß erhöhter 3. N-Gaben auf den Einzelährenertrag der Haupthalmähren in Kategorie A ist in erster Linie durch eine steigende Kornzahl je Ähre bedingt. Auch beim Überschreiten des Optimums in der N-Gabe ist die depressive Wirkung auf die Kornzahl sehr deutlich (vor allem bei Kategorie A).

Die Nebenhalm zeigen erwartungsgemäß deutlich niedrigere Kornzahlen je Ähre, wobei die Kornzahlen je Ähre bei den ersten Nebenhalmern der Kategorie D deutlich höher liegen als bei den ersten Nebenhalmern der Kategorie C.

Wenn mehrere ährentragende Nebenhalm vorhanden sind, ist der erste ährentragende Nebenhalm also relativ begünstigt.

Auch die Tausend-Korn-Gewichte der Nebenhalmkörner sind kleiner als die der Haupthalmkörner. Entscheidender aber für die geringeren Einzelährenerträge der Nebenhalm sind die geringeren Kornzahlen je Ähre.

Siehe hierzu auch Ergebnisse aus ertragsanalytischen Untersuchungen an Feldbeständen (JAHN-DEESBACH, 1967, JAHN-DEESBACH u. WEIPERT, 1965).

Von besonderem Interesse ist das Verhalten der einzelnen Ertragskomponenten im Bereich der in diesen Versuchsreihen aufgetretenen starken Ertragsdepressionen. Es zeigt sich hier eindeutig, daß diese Ertragsde-

pressionen teils durch verminderte Kornzahlen je Ähre, teils aber auch durch Senkung des Tausend-Korn-Gewichtes hervorgerufen sind. Die Schädigungen durch überhöhte N-Gaben betreffen sowohl die Ährchen- bzw. Blütenanlage als auch die Kornausbildung selbst.

Die Untersuchungsergebnisse über die N-Gehalte in den Körnern lassen erkennen, daß die Werte bei den Sandgefäßvarianten bei deutlich niedrigeren Erträgen höher liegen als bei den Bodengefäßvarianten, was sich aus den Ertragsrelationen erklärt. Bei geringer N-Versorgung sind die N-Gehalte in den Körnern der Haupthalme etwas höher als in den Körnern der Nebenhalm, bei hoher N-Versorgung weisen die Nebenhalmkörner höhere N-Gehalte auf als die Haupthalmkörner, wobei die N-Gehalte in den Körnern der zweiten Nebenhalm besonders hoch liegen. Die N-Gehalte in den Haupthalmkörnern sind in Kategorie B am höchsten. Damit ergibt sich für die Einzelpflanzenkategorie B die Tatsache, daß sie in den wichtigsten Eigenschaften (Kornertrag, Kornzahl je Ähre, Tausend-Korn-Gewicht und Rohproteingehalt) am günstigsten liegt.

Die ¹⁵N-Anteile am Gesamt-N in den einzelnen Haupt- und Nebenhalmern der verschiedenen Kategorien lassen erkennen, daß die 2. N-Gabe relativ stärker ins Stroh, die 3. N-Gabe relativ stärker ins Korn eingelagert werden und daß die Einlagerung der 3. N-Gabe relativ stärker in die Körner der Nebenhalm, die der 2. N-Gabe relativ stärker in die der Haupthalme erfolgt.

Zweifellos lassen sich die Ergebnisse über die Ertragsmorphologie und N-Einlagerung nur bedingt auf Feldbestände übertragen. Die hier zutage getretenen Tendenzen in der Auswirkung steigender und zusätzlicher N-Gaben dürften aber auch im Prinzip für Feldbestände gelten.

In der Literatur liegen zwar bereits einige Ergebnisse über die Einlagerung spätgegebener N-Gaben in das Korn vor (EL GINDY, LAMB und BURRELL, 1957; MICHAEL, FAUST und BLUME 1960; VÖLKER 1960), sie

beziehen sich jedoch zum großen Teil auf andere Getreidearten und wurden in erster Linie nach botanisch morphologischen Gesichtspunkten vorgenommen. In der vorliegenden Arbeit ging es darum, die Untersuchung mehr nach technologischen Gesichtspunkten durchzuführen. Dies erschien uns um so wichtiger, als sich die einzelnen Kornbestandteile (Keimling, Schalen, Endospermaußensichten, Endospermnenschichten) durch eine unterschiedliche N-Düngung, insbesondere durch zusätzliche späte N-Gaben, in ihren müllereitechnologisch entscheidenden Eigenschaften (Kornhärte, Splitterung, Trennbarkeit von Schale und Endosperm, Mehl- und Grießfraktion u. ä.) zum Teil wesentlich verändern. Für den Wert des Rohstoffes Weizen aber sind gerade diese Veränderungen von größter Bedeutung.

Wir waren deshalb in Zusammenarbeit mit der Bundes-Forschungs-Anstalt für Getreideverarbeitung in Detmold bemüht, das in den Gefäßversuchsreihen erzeugte Kornmaterial in einem Kleinmahlversuch zu vermahlen, um einer Beurteilung nach müllereitechnologischen Gesichtspunkten soweit wie möglich Rechnung tragen zu können. Daß dabei die wahren Verhältnisse, wie sie sich bei einer Großmühlenvermahlung ergeben, nur bis zu einem gewissen Grade erreicht werden können, ist allgemein bekannt und muß bei der Beurteilung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Trotzdem lassen sich aus diesem ersten Versuch in dieser Richtung zweifellos wertvolle Schlüsse für die Beurteilung der Veränderungen bei den müllereitechnologischen Werteigenschaften des Weizenkornes durch variierte N-Düngung ablesen.

Sehr deutlich macht sich eine Abnahme des Schrotmehlanfalles - d. h. des Anteils an Mehl, der nicht erst durch die Auflösung von Grießen gewonnen werden muß - bei erhöhter bzw. zusätzlicher später N-Gabe bemerkbar. Analog dazu nimmt der Grießanfall deutlich zu. Wenn die Mehlausbeute dabei insgesamt in diesem hier angewandten Vermahlungsschema absinkt, so muß berücksichtigt werden, daß es sich nicht um eine auf einen

bestimmten Mehlaschegehalt bezogene Mehlausbeute handelt. Wären an die hier durchgeführten sechs Mahlgänge weitere angeschlossen worden, so hätte sich zweifellos die Mehlausbeute aus den stärker mit N gedüngten Varianten relativ stärker erhöhen lassen - insbesondere wenn die Vermahlungsfeuchtigkeit den erhöhten Rohproteingehalten und den damit im allgemeinen einhergehenden Kornhärten hätte angepaßt werden können-. Aus inzwischen durchgeführten zahlreichen Vermahlungen an Proben aus entsprechenden Feldversuchen (JAHN-DEESBACH, 1970) geht jedenfalls eindeutig hervor, daß die Gesamt-Mehlausbeuten (Schrotmehl + Grießmehl) bei erhöhten bzw. zusätzlichen späten N-Gaben oft größer werden, vor allem dann, wenn die Korngröße durch die verbesserte N-Versorgung der Pflanzen zunimmt.

Von größerem Interesse sind zweifellos die in den einzelnen Mahlfraktionen ermittelten Eigenschaften: So erscheint die Feststellung, daß die Rohproteingehalte im sogenannten Restschrot bei den sehr unterschiedlichen N-Gaben mehr oder weniger gleich sind, die Anstiege im Rohproteingehalt der S_1 -Fraktion bei steigenden N-Gaben aber um bis zu 3 % absolut bzw. um bis 40 % relativ betragen, sehr wichtig. Und die Tatsache, daß eine 3. N-Gabe zu weit höheren Rohproteingehalten in der S_1 -Fraktion führt als eine gleichhohe 2. N-Gabe - und dies bei gleicher Gesamt-N-Gabe pro Gefäß - ist besonders bemerkenswert. Sehr deutlich tritt zutage, daß der Einfluß einer zusätzlichen späten N-Gabe auf die S_1 -Fraktion am stärksten und über die weiteren Fraktionen hin zum Restschrot abnehmend weniger stark ist. Dabei muß berücksichtigt werden, daß einerseits bei den hochgedüngten Varianten die Ausbeute an S_1 -Fraktion wesentlich niedriger liegt als bei den niedrig gedüngten und daß mit jedem Grad stärkerer Ausmahlung bzw. höherer Ausbeute der Rohproteingehalt zunimmt. Andererseits zeigt sich, daß bei dem hochgedüngten harten Kornmaterial - vor allem bei nicht entsprechend erhöhter Vermahlungsfeuchtigkeit - ein mehr oder weniger hoher Anteil äußerer Kornschichten mit in diese

S_1 -Fraktion gelangen kann (siehe auch MORRIS, ALEXANDER u. PASCOE, 1945 u. 1946; BOLLING u. ZWINGELBERG, 1965). Hinweise hierfür geben die Rohproteingehalte in den Bohrmehlen, die deutlich niedriger liegen als in den S_1 -Fraktionen, die mikroskopischen Untersuchungen an den S_1 -Mehlen und die erniedrigten ^{15}N -Gehalte in den S_1 -Mehlen der hochgedüngten Varianten. Diese Beobachtungen erscheinen uns besonders wichtig in Anbetracht der Tatsache, daß die S_1 -Fraktion als sogenanntes Sedimentationsmehl und damit als Grundlage für die Bestimmung des Sedimentationswertes eine überragende Bedeutung sowohl für wissenschaftliche Untersuchungen als auch für die analytische Beurteilung in der Technologie und im Handel hat.

Hohe Rohproteingehalte im Sedimentationsmehl können also einerseits bedingt sein durch höhere Rohproteineinlagerung im Endosperm, andererseits aber auch durch das Vorhandensein einer mehr oder weniger großen Beimengung proteinreicher Kornaußenschichten, was beides jedoch nicht gleichbedeutend sein kann für den Sedimentationswert, und vor allem bei der Ermittlung und Deutung des spezifischen Sedimentationswertes muß diesen möglichen Einflüssen weit mehr als bisher Rechnung getragen werden. Neben der Tatsache, daß die S_1 -Fraktion (Sedimentationsmehl) relativ am stärksten variiert wird, das Ausmaß der Veränderungen in den übrigen Fraktionen aber nicht immer im gleichen Verhältnis zu denen in der S_1 -Fraktion stehen muß, ist dem Verhältnis von Sedimentationsmehlausbeute zu Backmehlausbeute und den Vermahlungsbedingungen (insbesondere der Vermahlungsfeuchte) bei der Gewinnung des Sedimentationsmehles Rechnung zu tragen. Zweifellos sind in einer großen Anzahl von Fällen, in denen die Ergebnisse der Sedimentationswert- und besonders der relativen und spezifischen Sedimentationswertbestimmungen mit den Backversuchsergebnissen nicht korrelieren, die Differenzen in durch äußere Kornschichten überhöhten Rohproteingehalten der Sedimentationsmehle begründet.

Die Untersuchungen über die Einlagerung der 2. und 3. N-Gaben mit Hilfe von markiertem N lassen erkennen, daß der zum Zeitpunkt des Ährenschiebens gegebene Stickstoff deutlich stärker in den ersten Mahlfractionen als im Restschrot erscheint, während bei markierter 2. N-Gabe auch die Restschrote einen hohen bzw. sogar einen höheren ^{15}N -Anteil aufweisen als die ersten Mahlfractionen. Dieses kann mit bedingt sein durch eine verstärkte Umlagerung des Stickstoffs aus der 2. N-Gabe vom Stroh ins Korn (siehe auch MICHAEL, FAUST u. BLUME, 1960; MICHAEL und FAUST, 1961) und hier vor allem in die Außenschichten, wodurch eine Erhöhung des ^{15}N -Anteils im Restschrot bei markierter 2. und eine Senkung des ^{15}N -Anteils im Restschrot bei markierter 3. N-Gabe verursacht wird. Andererseits ist dies offenbar überlagert von einer gewissen Verdünnung des ^{15}N -Anteils in der S_1 -Fraktion durch das relativ stärkere Hineinmahlen von Kornaußenschichten in die S_1 -Fraktion bei eiweißreichen, härteren Körnern infolge einer 3. N-Gabe.

Über den Einfluß später N-Gaben auf die Proteinfractionen des Weizenkornes läßt sich zusammenfassend folgendes sagen: Wie bereits von anderen Autoren (LINSER, 1960, GÜNZEL, 1962, VÖLKER 1962, EWALD, 1965, JAHN-DEESBACH u. WEIPERT, 1967, SCHWARZE, 1967, MAY, 1970 und von uns in früheren Untersuchungen nachgewiesen, steigen die absoluten Gehalte an allen Fractionen an, die der Prolamin- und Gluténinfraction jedoch stärker als die der Albumin- und Globulinfraktion. Das gilt sowohl für das Ganzkorn als auch für alle Mahlfractionen. Die absoluten Gehalte liegen dabei in der S_1 -Fraktion immer am niedrigsten und im Restschrot am höchsten - entsprechend den Gesamtproteingehalten. In den Fractionen S_1 bis Q_{1-3} liegt die Gluténinfraction absolut am höchsten, gefolgt von der Prolamin-, Albumin- und Globulinfraktion. Im Restschrot dagegen nimmt die Albuminfraction den höchsten Anteil ein. Betrachtet man die relativen Werte für die einzelnen Fractionen, so ergibt sich von der S_1 -

Mahlfraktion über die S_{2+3} - zur Q_{1-3} -Mahlfraktion eine deutliche Abnahme des Glutenin- und Albuminanteils, der Globulinanteil bleibt etwa gleich, und der Prolaminanteil nimmt zu. Der Prolaminanteil ist also in der S_1 -Fraktion relativ gering und erfährt dann durch eine N-Spätgabe nicht nur absolut, sondern vor allem auch relativ eine sehr starke Steigerung, so daß das Verhältnis von Prolamin : Glutenin durch eine 3. N-Gabe besonders in der S_1 -Mahlfraktion (Sedimentationsmehl) enger wird.

Die von uns an Feldversuchsmaterial inzwischen nachgewiesene Verengung des Verhältnisses zwischen dem Glutenin- und Prolaminanteil auf 1 : 1 (MAY, 1970) wird in dieser Gefäßversuchsreihe nicht erreicht, das kann aber durch eine schnellere Abreife der Gefäßkulturen und damit verkürzte Prolaminsynthese begründet werden.

Die Ergebnisse der ^{15}N -Bestimmungen lassen ebenfalls deutlich erkennen, daß in allen Fraktionen mehr ^{15}N zu finden ist, wenn die 3. N-Gabe markiert war. Dabei ist der ^{15}N -Anteil in der Albuminfraktion am niedrigsten und in der Prolaminfraktion am höchsten mit einer Ausnahme (Variante 108 b) in der Gluteninfraktion. Hier ist offenbar mehr ^{15}N aus der 1. bzw. 2. N-Gabe aus dem Stroh ins Korn verlagert worden. Nicht nur die ^{15}N -Anteile, auch die Steigerungen im ^{15}N -Anteil bei markierter 3. N-Gabe gegenüber markierter 2. N-Gabe sind bei der Albuminfraktion am geringsten; es folgen die Globulin- und Gluteninfraktion, und die höchste Steigerung ist in der Prolaminfraktion zu finden.

Der Stickstoff aus der Gabe zum Zeitpunkt des Ährenschiebens begünstigt also vor allem die Prolaminsynthese und wird bevorzugt in diese Fraktion eingelagert. Dies bestätigt die Untersuchungsergebnisse von MICHAEL und FAUST (1961).

Dies gilt für die Proteinfractionen des Ganzkornes.

Die Untersuchungen der Proteinfractionen in den einzelnen Mahlfraktionen lassen erkennen, daß auch in jeder einzelnen Mahlfraktion die ^{15}N -Anteile

bei markierter 3. N-Gabe in allen Proteinfractionen höher liegen als bei markierter 2. N-Gabe. Bei markierter 2. N-Gabe sind die ^{15}N -Anteile in allen Proteinfractionen aller Mahlfractionen etwa gleich, bei markierter 3. N-Gabe liegen die ^{15}N -Anteile in den Prolamin- und Gluteningfractionen höher als in den Albumin- und Globulingfractionen und nehmen von der S_1 -Mahlfraction zum Restschrot hin ab.

Durch die Ergebnisse der Proteintrennungen in den Mahlfractionen S_1 bis Restschrot und die Ermittlungen der ^{15}N -Anteile in den Protein- und Mahlfractionen wird damit die am Ganzkorn gemachte Feststellung bestätigt und im einzelnen spezifiziert, daß der durch gesteigerte bzw. zusätzliche späte N-Gaben erhöhte Rohproteingehalt im Ganzkorn auf eine bevorzugte Synthese der Reserveeiweiße Prolamin und Glutenin zurückzuführen ist und daß die festgestellte N-Einlagerung sich vorwiegend auf die ersten Mahlfractionen auswirkt.

Offenbar ist die Auswirkung auf die nach rein botanisch-morphologischen Gesichtspunkten getrennten Kornfractionen noch größer, da bei der nach müllereitechnologischen Gesichtspunkten durchgeführten Kronfractionierung Vermischungen und damit Überlagerungen stattfinden.

C. Feldversuch 1968

Anhand der beiden vorangegangenen Gefäßversuche wurde ausführlich dargestellt, wie die N-Verteilung innerhalb der Weizenpflanzen (Haupt- oder Nebenhalm) und in den Körnern von Haupt- und Nebenhalmähren durch zeitlich gestaffelte, unterschiedlich hohe N-Gaben beeinflusst werden kann. Außerdem wurde erörtert, in welchen Kornschichten die einzelnen N-Gaben vorwiegend eingelagert werden bzw. in welchen Mahlfractionen der Stickstoff aus der 2. oder aus der 3. Gabe wieder erscheint. Wie schon anfangs erwähnt, soll nun noch der Versuch unternommen werden zu klären, inwieweit die Beeinflussung der Kornmerkmale durch eine variierte N-Düngung in allen Körnern im gleichen Ausmaß geschieht. Als Untersuchungsmaterial standen acht Winterweizensorten in drei Düngungsstufen zur Verfügung.

1. Versuchsplan

Das Untersuchungsmaterial stammt aus einem Feldversuch, der im Jahr 1968 auf dem Versuchsfeld Gießen des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig-Universität durchgeführt wurde. Es wurden 8 Winterweizensorten, nämlich Jubilar, Hanno, Markus, Magnet, Pantus, Farino, Diplomat und Habicht nach der Blockanlage in 3 Düngungsstufen und 4 Wiederholungen angebaut.

Die Vorfrucht war Hafer, als Grunddüngung wurden 90 kg/ha P_2O_5 und 160 kg/ha K_2O gegeben. Die Stickstoffdüngungsvarianten sind aus nachstehender Aufstellung ersichtlich:

	1.	2.	3.	N-Gabe
N_0	= 50	+ 25	+ 0	kg/ha N
N_{50}	= 50	+ 25	+ 50	kg/ha N
N_{100}	= 50	+ 25	+ 100	kg/ha N

Die 1. N-Gabe wurde zu Vegetationsbeginn, die 2. N-Gabe zu Schoßbeginn und die 3. N-Gabe beim Ährenschieben ausgebracht. Die Aussaat-, Düngungs- und Erntetermine sind aus folgender Aufstellung zu entnehmen:

Aussaat	: 29. 10. 1967
1. N-Gabe	: 30. 3. 1968
2. N-Gabe	: 2. 5. 1968
3. N-Gabe	: 10. 6. 1968
Ernte	: 2. 9. 1968

Die Ernte erfolgte mit einem Parzellenmähdrescher. Jeder Parzellen-ertrag wurde einzelne gereinigt, gewogen und einer Trockensubstanzbestimmung unterzogen.

2. Untersuchungsergebnisse

a) Der Einfluß einer gestaffelten N-Spätdüngung auf Korngröße und Kornstruktur

aa) Tausendkorngewicht (TKG)

Das TKG (Tabelle 22) wird bei allen Sorten durch die steigende Stickstoff-Spätgabe deutlich erhöht. Die Sorte Pantus mit ihrem kleinsten TKG von 34,6 in der N_0 -Stufe erfährt die stärkste Steigerung des TKG, und zwar um 19 % auf 39,4 g. Die Sorte Habicht kann ihr schon in der ersten N-Stufe sehr hohes TKG von 47,3 g nur um 5 % auf 49,8 g vermehren. Die anderen Sorten zeigen in der ersten N-Stufe mittlere TKG. Hier verursacht die erhöhte 3. N-Gabe TKG -Steigerungen von etwa 7 bis 10 %.

Ein Zusammenhang zwischen den TKG der einzelnen Varianten und den entsprechenden Rohproteingehalten kann nicht festgestellt werden. Bei deutlich unterschiedlichen TKG in den Düngungsstufen N_0 bis N_{100} erreichen

Tab. 22: Der Einfluß einer N-Spädüngung auf die Prozentanteile von mehli-
gen, marmorierten und glasigen Körnern an der Gesamtprobe und
auf den Rohproteingehalt

Variante	TKG	% - Anteile der			Rohprotein (N x 5,7) in % ATM	
		meh- ligen Körner	marmo- rierten	glasi- gen	in der jeweili- gen Fraktion	in der Ge- samtprobe
Jubilar	N ₀	41,8	60,5	33,0	6,5	10,0 11,8 13,5
	N ₅₀	42,8	27,0	48,0	25,0	11,5 13,5 15,0
	N ₁₀₀	45,5	16,5	50,5	33,0	11,7 13,5 14,9
Magnet	N ₀	39,8	95,5	4,5	-	8,5 12,0 -
	N ₅₀	41,8	81,5	14,0	4,5	9,9 11,4 14,7
	N ₁₀₀	42,7	59,5	27,5	13,0	10,0 12,3 13,5
Farino	N ₀	38,6	83,0	13,0	4,0	9,4 11,4 14,5
	N ₅₀	40,9	23,0	26,0	51,0	11,0 12,3 13,8
	N ₁₀₀	42,0	5,5	24,5	70,0	11,1 12,7 14,6
Hanno	N ₀	40,9	92,5	6,0	1,5	9,8
	N ₅₀	41,2	25,0	41,5	33,5	12,3
	N ₁₀₀	42,7	5,5	22,5	62,0	13,9
Markus	N ₀	40,1	93,0	4,0	3,0	10,1
	N ₅₀	41,9	44,5	40,0	15,5	12,4
	N ₁₀₀	42,0	8,5	58,5	33,0	14,1
Pantus	N ₀	34,6	96,0	4,0	-	9,3
	N ₅₀	39,6	37,5	46,0	16,5	12,0
	N ₁₀₀	39,4	18,0	51,0	31,0	13,0
Diplomat	N ₀	42,2	87,0	11,0	2,0	9,6
	N ₅₀	46,8	23,5	67,5	9,0	12,5
	N ₁₀₀	45,8	9,5	72,0	23,5	14,3
Habicht	N ₀	47,3	90,5	9,5	-	9,8
	N ₅₀	49,4	38,5	55,0	6,5	12,6
	N ₁₀₀	49,8	21,0	63,0	16,0	13,4

alle Weizensorten etwa gleiche Rohproteingehalte. So liegen z. B. die TKG der Sorten Hanno, Markus, Pantus, Diplomat und Habicht in der N_0 -Stufe bei 40,9; 40,1; 34,6; 42,2 und 47,3. Die Rohproteingehalte in den entsprechenden Kornproben liegen bei 9,8; 10,1; 9,3; 9,6; und 9,8. Den TKG der gleichen Sorten in der N_{100} -Stufe in Höhe von 42,7; 42,0; 39,4; 45,8 und 49,8 stehen Rohproteingehalte von 13,9; 14,1; 13,0; 14,3 und 13,4 gegenüber.

Die Sorte Pantus fällt durch relativ niedrige Rohproteinwerte bei gleichzeitig verminderten TKG auf.

ab) Glasigkeit

Alle acht Winterweizensorten in den Düngungsvarianten N_0 , N_{50} , N_{100} wurden nach dem Augenschein in mehlig, marmoriert und glasig Körner unterschieden und deren jeweiliger Anteil festgestellt. Wie auch aus der Tabelle 22 zu entnehmen ist, nimmt der Anteil der mehligten Körner mit steigender Stickstoff-Spätdüngung stark ab, die Anteile der marmorierten und glasigen dagegen erfahren eine deutliche Erhöhung. Am stärksten reagiert die Sorte Farino auf die Steigerung der 3. N-Gabe. Während der Anteil der mehligten Körner von 83 % bei N_0 auf 5,5 % bei N_{100} abfällt, steigt der Anteil der glasigen von 4 % bei N_0 auf 70 % bei N_{100} . Die Zahl der marmorierten Körner bleibt fast gleich. Auch die Sorte Hanno zeigt eine ähnlich starke Reaktion auf eine steigende 3. N-Gabe.

Bei den Sorten Markus, Pantus, Diplomat und Habicht fallen die Anteile der mehligten Körner von durchschnittlich 90 % und bei Jubilar von 60 % in der N_0 -Stufe auf 15 % bei N_{100} ; dagegen nehmen die Anteile der glasigen Körner von im Durchschnitt 3 % bei N_0 bis auf 25 - 30 % bei N_{100} zu. Die Sorte Magnet fällt durch ihren hohen Anteil mehligter Körner auch in der N_{100} -Stufe auf, liegt aber auch im Rohproteingehalt der Gesamtprobe am niedrigsten.

- b) Der Einfluß einer gestaffelten N-Spätdüngung auf den Rohproteingehalt
ba) in mehligen, marmorierten und glasigen Körnern

Während bei den Sorten Hanno, Markus, Pantus, Diplomat und Habicht der Rohproteingehalt nur in der Gesamtprobe bestimmt wurde, wurden bei den Sorten Jubilar, Magnet und Farino die Rohproteingehalte in den einzelnen Fraktionen bestimmt (Tabelle 22). Dabei stellte sich heraus, daß der Rohproteingehalt der mehligen Körner von der N_0 zur N_{100} -Düngungsstufe wohl zunimmt, aber selbst in der Düngungsstufe N_{100} unter dem der marmorierten Körner in der Düngungsstufe N_0 liegt. Zum Beispiel steigt der Rohproteingehalt der mehligen Körner bei der Sorte Jubilar von 10 % in der N_0 -Düngungsstufe über 11,5 % in der N_{50} auf 11,7 % in der N_{100} -Düngungsstufe und bleibt damit unter dem Rohproteingehalt der marmorierten Körner in der N_0 -Düngungsstufe. Das gleiche ist über die Rohproteingehalte der marmorierten im Vergleich zu den glasigen Körnern zu sagen. Hier erhöht sich der Rohproteingehalt der marmorierten Körner von 11,8 % bei der Sorte Jubilar N_0 auf 13,5 % bei Jubilar N_{100} , während der Rohproteingehalt der glasigen Körner von 13,5 % bei Jubilar N_0 bis auf 14,9 % bei der Sorte Jubilar N_{100} steigt. Diese Beobachtung gilt gleichermaßen für die Sorten Magnet und Farino.

Die Regelmäßigkeit der Veränderung des prozentualen Anteils der mehligen, marmorierten und glasigen Körner, bedingt durch die N-Steigerungen, gab Anlaß dazu, festzustellen, ob man wirklich von der Glasigkeit bzw. Mehligkeit einer Weizenprobe auf den Rohproteingehalt eben dieser Probe schließen kann. Es wurden also die prozentualen Anteile der glasigen und mehligen Körner der acht Winterweizensorten in den drei N-Düngungsstufen mit deren Rohproteingehalt in Beziehung gesetzt.

Aus den Darstellungen 41 und 42 geht deutlich hervor, daß die Mehligkeit

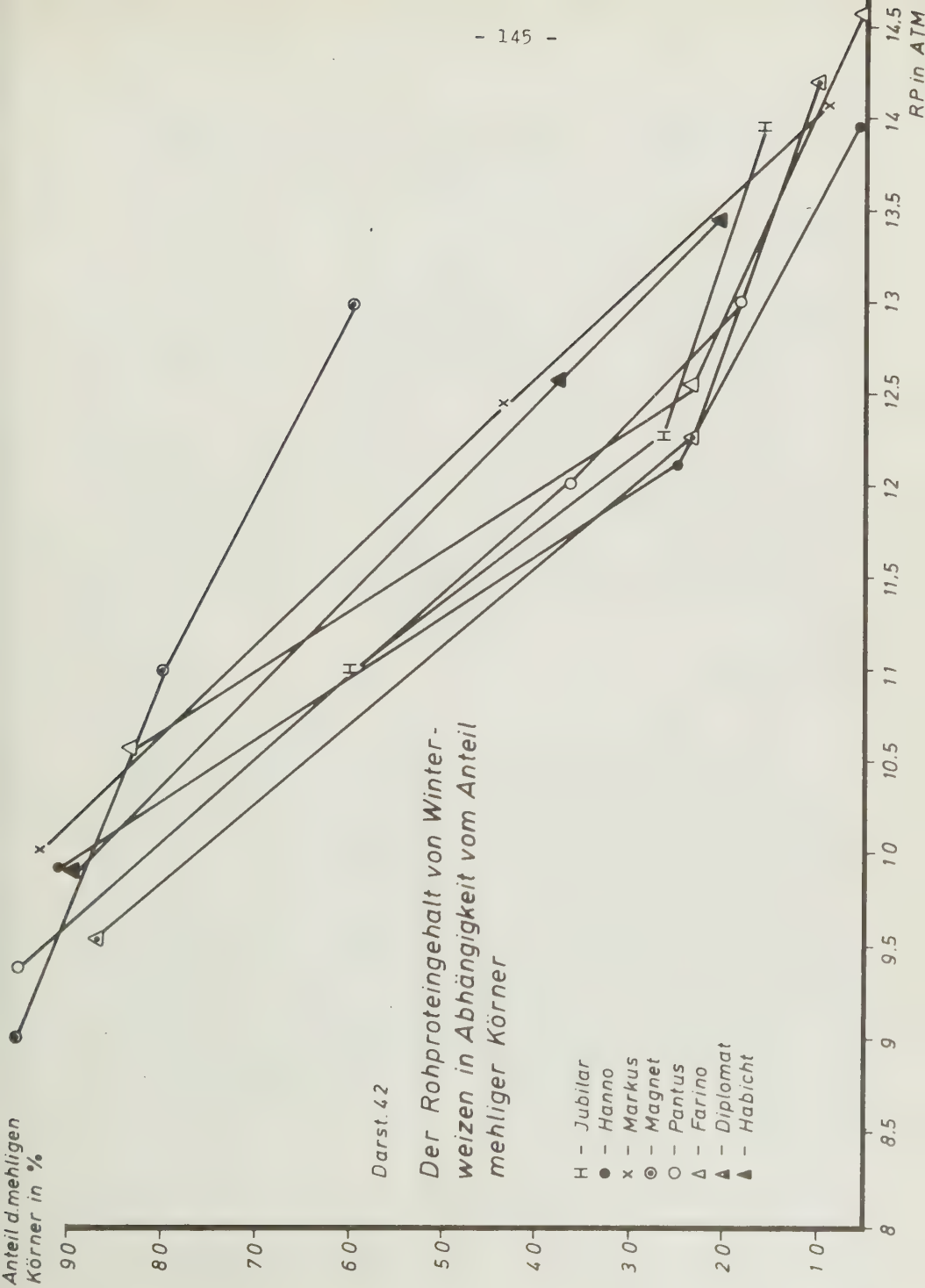
Anteil d. glasigen
Körner in %

80
70
60
50
40
30
20
10
8

Darst 41 Der Rohproteingehalt von Winterweizen in Abhängigkeit
vom Anteil glasiger Körner

H - Jubilar
● - Hanno
x - Markus
⊙ - Magnet
○ - Pantus
Δ - Farino
▲ - Diplomat
▲ - Habicht





einer Weizenprobe in einer engen Beziehung zu ihrem Rohproteingehalt steht. Liegt der Anteil der mehlig-Körner unter 50 %, kann man mit Sicherheit einen Rohproteingehalt von über 11,5 % erwarten. Vom Anteil der glasigen Körner auf den Rohproteingehalt zu schließen, ist nicht möglich. Jede einzelne Sorte zeigt wohl eine fast lineare positive Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt und dem Anteil der glasigen Körner, aber zwischen den Sorten bestehen so große Unterschiede, daß selbst eine ungefähre Rohproteingehaltsschätzung einer nach Sorte nicht näher definierten Weizenprobe aufgrund ihrer Glasigkeit versagen muß.

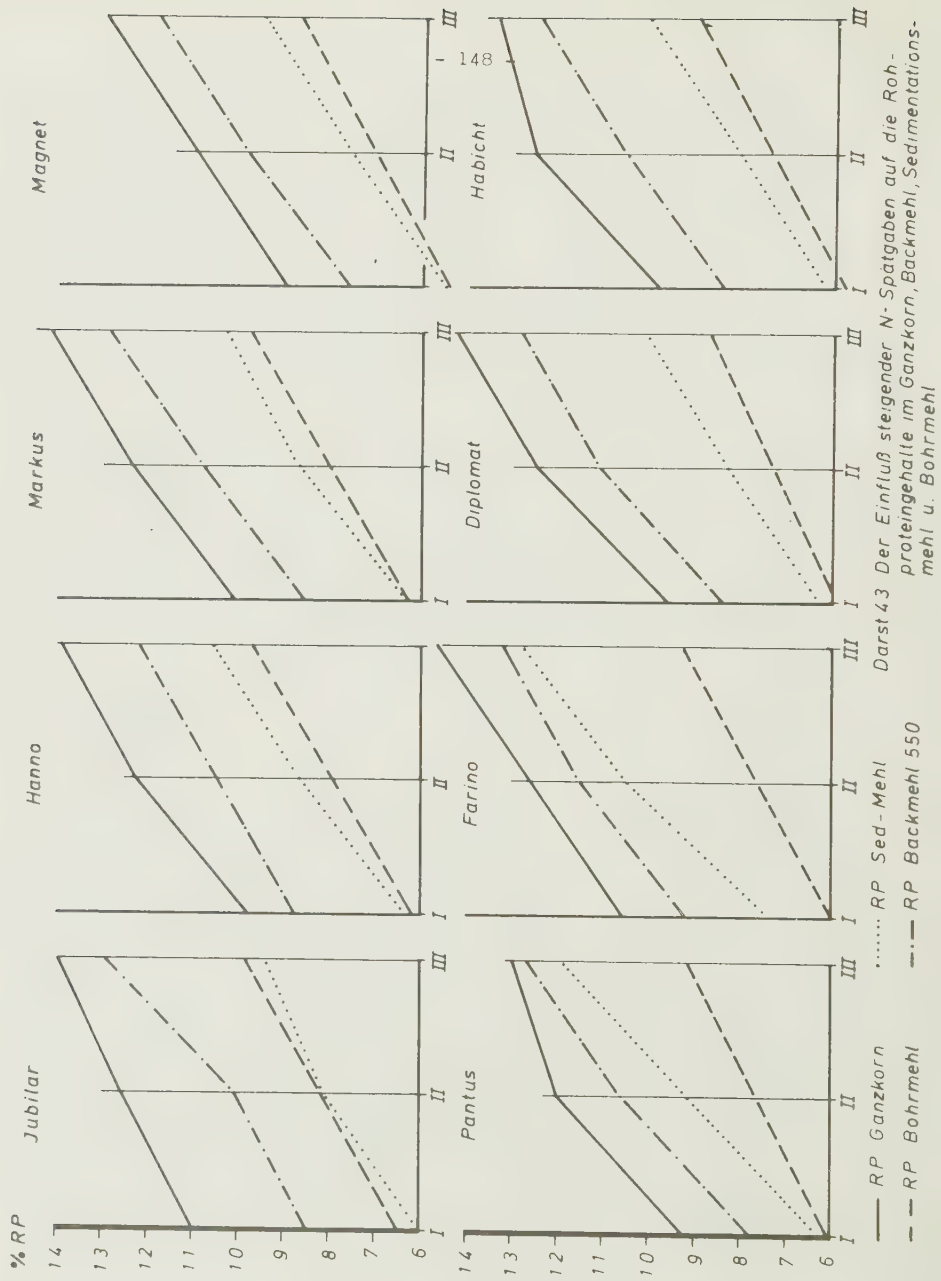
Bei Untersuchungen der Beziehungen zwischen der Mehligkeit bzw. Glasigkeit und dem Rohproteingehalt bei verschiedenen Sorten auf unterschiedlichen Standorten (MARANDI 1970 und POURSALEH, bisher unveröffentlichte Arbeit) konnten z. T. gute Relationen festgestellt werden. Auch hier standen die Anteile der mehlig-Körner in engerer Beziehung zum Rohproteingehalt der betreffenden Weizenprobe.

bb) im Ganzkorn

Wie erwartet, nehmen die Rohproteingehalte durch die steigende N-Spät-düngung stark zu (Tabelle 23, Darstellung 43). Hierbei sind keine großen Sortenunterschiede festzustellen. Die absolut niedrigsten Rohproteinwerte finden sich bei der Sorte Magnet, die höchsten bei der Sorte Farino. Werden aber gleichzeitig die dazugehörigen Kornerträge, die in dieser Arbeit nicht weiter behandelt werden sollen, berücksichtigt, so ergeben sich bei den Rohproteinerträgen, errechnet aus dem Rohproteingehalt und dem Kornertrag, keine Differenzen, was für ein gleich großes Eiweißbildungsvermögen dieser so verschiedenen Sorten spricht. Die Sorte Jubilar enthält schon in der N_0 -Düngungsstufe viel Rohprotein und zeigt aus diesem Grunde nur eine relativ geringe Rohproteingehaltssteigerung (Tabelle 24).

Tab. 23: Der Einfluß der N-Spätdüngung auf die Rohproteingehalte im
Ganzkorn, Backmehl 550, Sedimentationsmehl und Bohrmehl
und auf den Rohproteinverlust

Variante		Rohproteingehalt in % ATM (Nx5,7) im				Rohproteinverlust in % vom	
		Ganz- korn	Back- mehl 550	Sed. - Mehl	Bohr- mehl	Ganzkorn + Sed. -Mehl	Ganzkorn + Bohrmehl
Jubilar	N ₀	11,0	8,5	6,0	6,5	45,5	40,9
	N ₅₀	12,6	10,7	8,2	7,9	34,9	37,3
	N ₁₀₀	13,9	13,0	9,5	9,9	31,7	28,8
Hanno	N ₀	9,8	8,8	6,3	6,2	35,7	36,7
	N ₅₀	12,3	10,5	8,7		29,3	
	N ₁₀₀	13,9	12,2	10,6	9,7	23,7	30,3
Markus	N ₀	10,1	8,6	6,3	6,3	37,7	37,6
	N ₅₀	12,4	10,8	8,7		29,8	
	N ₁₀₀	14,1	12,9	10,3	9,8	26,8	30,5
Magnet	N ₀	9,0	7,6	5,5	5,4	38,8	40,0
	N ₅₀	11,0	9,9	7,6	6,3	30,9	42,8
	N ₁₀₀	13,0	11,9	9,5	8,7	26,8	33,0
Pantus	N ₀	9,3	7,8	6,3	6,1	32,2	34,4
	N ₅₀	12,0	10,7	9,2		23,4	
	N ₁₀₀	13,0	12,8	11,9	9,2	8,4	29,3
Farino	N ₀	10,6	9,2	7,4	5,6	30,2	47,0
	N ₅₀	12,6	11,5	10,5	8,1	16,7	35,8
	N ₁₀₀	14,6	13,2	12,9	9,2	11,7	37,0
Diplomat	N ₀	9,6	8,4	6,3	5,8	33,3	39,5
	N ₅₀	12,5	11,1	8,3		33,6	
	N ₁₀₀	14,3	12,8	10,1	8,7	29,3	39,2
Habicht	N ₀	9,8	8,4	6,2	5,7	36,8	41,8
	N ₅₀	12,6	10,6	8,1		35,7	
	N ₁₀₀	13,4	12,5	10,1	9,0	24,6	32,8



Darst 43 Der Einfluß steigender N- Spätgaben auf die Rohproteingehalte im Ganzkorn, Backmehl, Sedimentationsmehl u. Bohrmehl

Tab. 24: Der Einfluß der N-Spätdüngung auf die absoluten und relativen Rohprotein-Gehaltssteigerungen im Ganzkorn, Backmehl, Sedimentationsmehl und Bohrmehl von Winterweizen 1968

Variante	Ganzkorn		Backmehl		Sed.-Mehl		Bohrmehl	
	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
Jubilar N ₀ N ₁₀₀	0 2,9	100 126	0 4,5	100 153	0 3,5	100 158	0 3,4	100 153
Hanno N ₀ N ₁₀₀	0 4,1	100 142	0 3,4	100 139	0 4,3	100 158	0 3,5	100 157
Markus N ₀ N ₁₀₀	0 4,0	100 140	0 4,3	100 150	0 4,0	100 163	0 3,5	100 156
Magnet N ₀ N ₁₀₀	0 4,0	100 144	0 4,3	100 157	0 4,0	100 173	0 3,3	100 161
Pantus N ₀ N ₁₀₀	0 3,7	100 140	0 5,0	100 164	0 5,6	100 189	0 3,1	100 151
Farino N ₀ N ₁₀₀	0 4,0	100 138	0 4,0	100 143	0 5,5	100 174	0 3,6	100 164
Diplomat N ₀ N ₁₀₀	0 4,7	100 149	0 4,4	100 152	0 3,8	100 160	0 2,9	100 150
Habicht N ₀ N ₁₀₀	0 3,6	100 137	0 4,1	100 149	0 3,9	100 163	0 3,3	100 160
Mittel N ₀ N ₁₀₀	0 3,9	100 140	0 4,3	100 151	0 4,3	100 169	0 3,3	100 157

bc) im Backmehl 550

Im Vergleich zu den Rohproteingehalten im Ganzkorn steigen die Rohproteingehalte infolge erhöhter 3. N-Gabe in den Backmehlen absolut - mit Ausnahme der Sorten Hanno und Diplomat - und relativ - mit Ausnahme der Sorte Hanno - stärker an. Besonders hohe absolute und auch relative Steigerungen des Rohproteingehaltes im Backmehl 550 (Tabelle 23, Darstellung 43) sind zu verzeichnen bei den Sorten Pantus, Jubilar und Diplomat. Magnet zeigt absolut gesehen die niedrigsten Rohproteingehalte im Mehl aller Düngungsstufen, und dadurch ergibt sich die große relative Steigerung des Rohproteingehaltes von der Düngungsstufe N_0 nach N_{100} (Tabelle 24).

bd) im Sedimentationsmehl

Auch im Sedimentationsmehl sind große Steigerungen des Rohproteingehaltes zu beobachten (Tabelle 23, Darstellung 43). Während die absoluten Rohproteingehaltssteigerungen im Sedimentationsmehl nur wenig größer sind als die im Ganzkorn - das Mittel aller Sorten beim Ganzkorn liegt bei 3,9 %, beim Sedimentationsmehl bei 4,3 % Rohprotein -, weisen die Relativzahlen weit größere Werte auf (Tabelle 24). Den relativen Steigerungen der Rohproteingehalte im Ganzkorn von der N_0 zur N_{100} Düngungsstufe mit etwa 40 %, ausgenommen die Sorte Jubilar mit nur 26 %, stehen Steigerungen der Rohproteingehalte im Sedimentationsmehl um 60 bis sogar 89 % gegenüber. Die Relativzahlen zeigen weiterhin, daß die N-Gehaltssteigerungen im Ganzkorn bei allen Sorten gleich hoch sind, bei den Sedimentationsmehlen aber große Unterschiede auftreten. Besonders die Sorten Pantus und Farino fallen durch ihre hohen N-Gehaltssteigerungen im Sedimentationsmehl auf.

Inwieweit diese großen sortenmäßigen Differenzen in den Rohproteingehaltssteigerungen im Sedimentationsmehl in Abhängigkeit von der erhöhten

3. N-Gabe auf einer verstärkten Rohproteineinlagerung im Korninnersten besonders der Sorten Pantus und Farino beruht, oder ob eventuell äußere Kornschichten mit in das Sedimentationsmehl gelangen, wird im folgenden näher untersucht.

be) im Bohrmehl

Um nun festzustellen, ob das Sedimentationsmehl wirklich mit dem Korninnersten identisch ist, wurden Kornausbohrungen in der anfangs erwähnten Weise vorgenommen, und die Stickstoffbestimmungen wie bereits erwähnt mit Neßler's Reagenz durchgeführt. Die gefundenen Werte sind in Tabelle 23 zusammengestellt. Es fällt auf, daß die relativen Rohproteingehaltssteigerungen im Bohrmehl wie im Ganzkorn keine großen Sortenunterschiede aufweisen. Auch die Sorten Pantus und Farino bilden keine Ausnahme. Die Relativzahlen für die Rohproteingehaltssteigerungen (Tabelle 24) liegen zwischen 150 und 164, die absoluten Werte betragen im Mittel 3,3 % bzw. zwischen 2,9 und 3,6 %.

Beim Vergleich der Rohproteingehalte im Sedimentationsmehl und im ausgebohrten Endosperm zeigen sich bei den Sorten Jubilar, Hanno, Markus und Magnet in allen N-Düngungsstufen fast keine Unterschiede. Die Abweichungen bleiben auch in der Düngungsstufe N_{100} unter 1 %, einer Differenz, die auch durch die unterschiedlichen N-Bestimmungsmethoden, und zwar die Kjeldahl-Methode beim Sedimentationsmehl und die beim Bohrmehl notwendige N-Bestimmung mit Neßler's Reagenz, bedingt sein kann. Die Sorten Diplomat und Habicht zeigen dann schon Unterschiede im Rohproteingehalt von 1,4 % bzw. 1,1 % in der N_{100} -Stufe. Noch deutlichere Differenzen bestehen, wie auch in der Darstellung 43 gut zu erkennen ist, bei den Sorten Pantus und Farino mit absolut 2,7 % bzw 3,7 %.

c) Mikroskopische Untersuchungen

Es stellte sich nunmehr die Frage, worin die Ursache dieser Erscheinung zu suchen ist? Ist das Sedimentationsmehl, ein nicht genauer definiertes Mehl, doch nicht nur mit dem innersten Endosperm gleichzusetzen? Gelangen bei härteren Weizensorten, als solche können eiweißreiche Partien der Sorten Pantus und Farino bezeichnet werden, mehr äußere Kornschichten mit in das Sedimentationsmehl? Um eine Lösung dieses Problems zu finden, wurden alle Sedimentationsmehle der acht Winterweizensorten in den drei N-Düngungsstufen mikroskopisch untersucht. Da besonders einzelne Zellbestandteile interessierten, wurden die Mehlproben auf einem Objektträger in einem Tropfen Chloralhydrat bis zur Verkleisterung erwärmt. Dadurch werden die Stärkekörner vollkommen aufgelöst, die Zellbestandteile aber gut erkennbar und können leicht gezählt werden. Natürlich ist eine quantitative Aussage sehr problematisch, da bei jedem Präparat nicht genau die gleiche Mehlmenge zur Untersuchung kam. Trotzdem lassen sich deutliche Unterschiede mit einheitlicher Tendenz feststellen, und zwar ist bei höheren Stickstoffgaben und zunehmender Glasigkeit bzw. Härte eine größere Zahl äußerer Kornfragmente, wie Aleuronzellen, Teile der Frucht- und Samenschale und besonders Haare der Fruchtoberhaut zu erkennen. Aus der folgenden Aufstellung kann man entnehmen, welchen Einfluß eine steigende Stickstoff-Spätgabe auf die Anzahl einzelner Kornfragmente im Sedimentationsmehl ausübt:

Jubilar	N ₀	keine Haare, wenige Aleuronzellen
	N ₅₀	keine Haare, einige Zellfragmente
	N ₁₀₀	2 Haare, 3 Bruchstücke der Samenschale

Hanno	N ₀	2 Haare, wenige Zellbruchstücke, Aleuronzellen
	N ₅₀	5 Haare, einige Zellbruchstücke
	N ₁₀₀	7 Haare, mehrere Fragmente der Samenschale, Längs- und Querzellen
Markus	N ₀	keine Zellbestandteile
	N ₅₀	1 Haar, Aleuronzellen
	N ₁₀₀	3 Haare, Aleuronzellen
Magnet	N ₀	keine Haare, einzelne Aleuronzellen
	N ₅₀	2 Haare, einzelne Aleuronzellen
	N ₁₀₀	2 Haare, wenige Aleuronzellen, keine weiteren Schalentile
Pantus	N ₀	4 Haare, einige Aleuronzellen, Längs- und Querzellen
	N ₅₀	mehrere Haare, Aleuronzellen, Schalentile
	N ₁₀₀	viele Haare, Aleuronzellen, Schalentile
Farino	N ₀	mehrere Haare, Aleuronzellen, Schalentile
	N ₅₀	stark ansteigende Zahl der Haare und Zellen
	N ₁₀₀	äußerer Schichten, mehrere Zellkomplexe
Diplomat	N ₀	4 Haare, einzelne Aleuronzellen, Quer- und Längszellen
	N ₅₀	7 Haare, wenige Aleuronzellen
	N ₁₀₀	12 Haare, Fragmente der Samenschale, Aleuronzellen
Habicht	N ₀	5 Haare, einige Zellfragmente, Aleuronzellen
	N ₅₀	einige Haare, mehrere Aleuronzellen auch Bruchstücke der Fruchtschale
	N ₁₀₀	einige Haare und Zellen äußerer Kornschichten, Aleuronzellen, Quer- und Längszellen.

Die folgenden Bilder veranschaulichen noch einmal, welche Teile äußerer Kornschichten in den Sedimentationsmehlen zu finden sind:

Die Bilder Nr. 1 und 2 wurden von einem Präparat des Sedimentationsmehles Farino N₅₀ aufgenommen und zeigen Haare der Fruchtoberhaut und einen Komplex von Quer- und Längszellen.



Bild 1

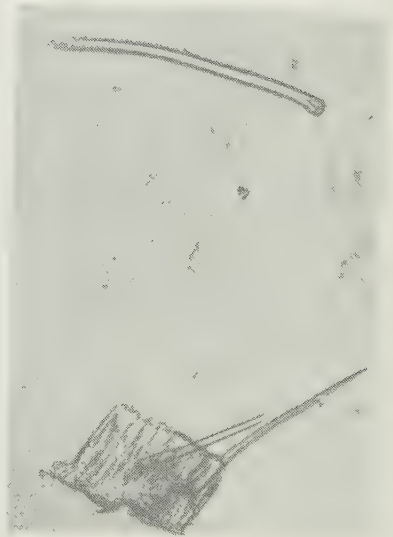


Bild 2

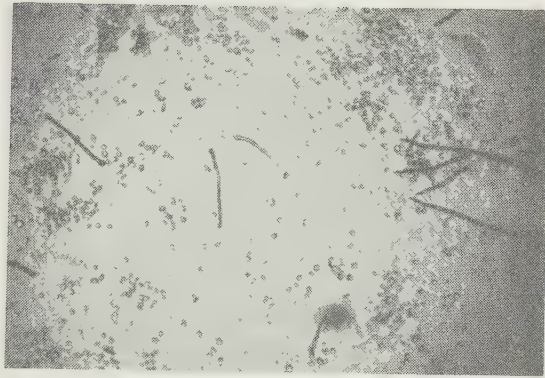


Bild 2



Bild 4

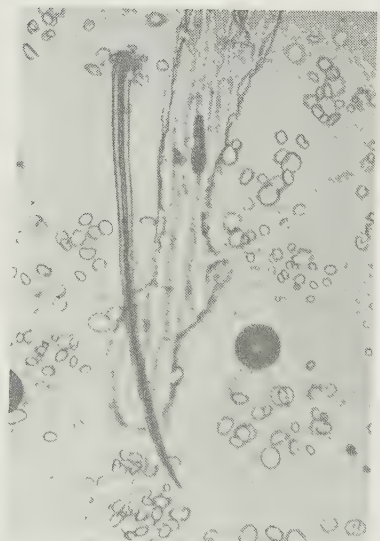


Bild 5

Bild Nr. 3 zeigt einen Ausschnitt des Präparates vom Sedimentationsmehl Farino N_{100} . Hier sind in einer Vergrößerung 1 : 100 eindeutig 10 Haare der Fruchtoberhaut und 3 Haarbruchstücke auszuzählen. Bild Nr. 4 entstammt wie Bild Nr. 3 dem Sedimentationsmehl Farino N_{100} und veranschaulicht in 350facher Vergrößerung einen ganzen Komplex der Frucht- und Samenschale mit anhängenden Aleuronzellen. Bild Nr. 5 wurde von einem Präparat des Sedimentationsmehles Pantus N_{100} aufgenommen und stellt ein Haar der Fruchtoberhaut und einen Komplex von Längszellen dar. In der Vergrößerung von 1 : 350 ist das mit Luft gefüllte Zellumen gut zu erkennen ebenso die Tüpfelung der Längszellen. Diese Beobachtungen der ansteigenden Zahl äußerer Kornfragmente im nur zu etwa 15 % ausgemahlene Sedimentationsmehl in Abhängigkeit einer erhöhten Stickstoff-Spät-düngung decken sich mit den von BOLLING und ZWINGELBERG (1965) gefundenen Ergebnissen. Genannte Autoren fanden, daß bei härteren Weizensorten die große Splitterfähigkeit der Schale mit der Aleuronschicht zu einem höheren Schalenanteil im Mehl führt.

Auch bei der Hartweizensorte Manitoba II konnte bei dem Vergleich der Rohproteingehalte im Sedimentationsmehl und im Bohrmehl eine größere Diskrepanz beobachtet werden, die sich wiederum durch die größere Splitterfähigkeit der Schale des Hartweizens begründen läßt. Dem Rohproteingehalt im Sedimentationsmehl von 14,82 % steht ein solcher von 11,4 % im Bohrmehl gegenüber.

Die Endospermausbohrungen der Winterweizen ergeben weiterhin, daß die Sorte Farino in ihrem Korninneren im Verhältnis zum Ganzkorn weniger Rohprotein einlagert als die anderen untersuchten Sorten. Zum Beispiel enthält die Sorte Farino 5,6 % Rohprotein in der N_0 -Stufe und 9,2 % in der N_{100} -Stufe, die Sorte Jubilar dagegen in den entsprechenden Düngungsstufen 6,5 % bzw. 9,9 % Rohprotein (siehe Tabelle 23). Der Rohproteinverlust vom Ganzkorn zum ausgebohrten Endosperm beträgt bei Farino 47 % in der N_0 -Stufe bzw. 37 % in der N_{100} -Stufe, während er bei Jubilar

niedriger liegt, und zwar bei 41 % in der N_0 - und 29 % in der N_{100} -Stufe. Bei allen Sorten außer Diplomat vermindert sich der prozentuale Rohproteinverlust vom Ganzkorn zum ausgebohrten Endosperm unter dem Einfluß der steigenden Stickstoff-Spätgabe sehr deutlich, was wiederum als Beweis für eine bevorzugte Einlagerung von Rohprotein im Endosperm angesehen werden kann.

Das Ausbohren von mehligen, marmorierten und glasigen Körnern der Sorten Jubilar, Magnet und Farino in der N_{50} -Düngungsstufe liefert eine Bestätigung der anfangs erwähnten engen Beziehung zwischen der Kornstruktur und dem Rohproteingehalt. Letzterer steigt bei allen Sorten eindeutig von den mehligen zu den glasigen Körnern an (Tabelle 25).

Tab. 25: Die Beziehung zwischen der Kornstruktur und dem Rohproteingehalt im Endosperm (Bohrmehl) und im Ganzkorn

Variante	Rohprotein in % ATM (N x 5,7) in						
	mehligen Körnern		marmorierten Körnern		glasigen Körnern		Ganzkorn Ges.-Probe
	Bohr- mehl	Ganz- korn	Bohr- mehl	Ganz- korn	Bohr- mehl	Ganz- korn	
Jubilar N ₅₀	5,7	11,5	7,2	13,5	8,3	15,0	12,6
Magnet N ₅₀	5,0	9,9	5,7	11,4	6,6	14,7	11,0
Farino N ₅₀	5,8	10,0	7,3	12,3	8,4	13,5	12,6

3. Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse

Den Anforderungen der getreideverarbeitenden Industrie nach höheren Weizenqualitäten stehen die Vorbehalte der Getreideproduzenten gegenüber: Solange die Qualität nicht entsprechend bezahlt wird, ist kein Anreiz vorhanden, die Mehrkosten einer zusätzlichen N-Düngung aufzuwenden und dadurch eine höhere Weizenqualität zu erzeugen. Und in der Tat bestehen noch große Schwierigkeiten bei der Anlieferung während der Kampagne, die Qualitäten der einzelnen Partien genügend sicher zu bestimmen, um danach den Weizenpreis festzulegen. HECHT (1965, 1967, 1968) versuchte eine Qualitätsvorherbestimmung von Weizeneinzelbeständen durch "Vorernte"-Entnahmen und schloß vom Rohproteingehalt (nach KJELDAHL) in diesen Proben auf den zu erwartenden Rohproteingehalt zum Zeitpunkt der wirklichen Ernte.

In der vorliegenden Arbeit ist der Versuch unternommen worden, von der Kornstruktur, d. h. von der Glasigkeit bzw. Mehligkeit, auf den Rohproteingehalt zu schließen. Obwohl die Glasigkeit zum großen Teil von der Geschwindigkeit der Einlagerung von Assimilaten (Proteinen und Stärke) in das Korn abhängt - mehligke Körner haben einen höheren Luftgehalt und zugleich niedrigeres spezifisches Gewicht, während glasige Körner ein dichtes Endosperm und damit hohes spezifisches Gewicht aufweisen (HAASE 1941), konnten BAILEY, HAYES und IMMER (1954) an umfangreichem Kornmaterial nur einen Korrelationskoeffizienten von $0,16 \pm 0,13$ für die Beziehung zwischen der Glasigkeit und dem Eiweißgehalt feststellen. Auch IRVINE (1964) und BUZIMOW und AGARKOWA (1968) schreiben von einer Parallele zwischen dem Proteingehalt und der Glasigkeit. Das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung bestätigt die Erfahrungen der genannten Autoren insofern, als auch hier die Glasigkeit nur sehr bedingt als Maßstab für eine Rohproteingehaltsschätzung geeignet ist. Innerhalb einer Sorte besteht wohl zwischen dem Anteil glasiger Körner und dem Roh-

proteingehalt dieser Probe eine enge, fast lineare Beziehung, aber zwischen den Sorten bestehen zu große Unterschiede. Manche Sorten erscheinen schon bei einem noch relativ niedrigen Rohproteingehalt glasig, so z. B. Farino, während andere, z. B. Magnet, bei dem gleichen Rohproteingehalt noch marmoriert erscheinen und erst bei einem höheren Rohproteingehalt glasige Körner aufweisen. Außerdem ist die objektive Abgrenzung zwischen glasig und marmoriert sehr schwierig. Dagegen bietet sich der Anteil der mehligten Körner sehr wohl als Maßstab für die Rohproteingehaltsschätzung einer Weizenpartie ohne Sortenangabe an, obwohl die Rohproteingehalte in den mehligten Körnern der verschiedenen N-Stufen (0, 50 bzw. 100 kg/ha N als 3. N-Gabe zum Zeitpunkt des Ährenschiebens) nicht gleich sind. Es ist vielmehr die Tatsache zu erkennen, daß bei einem höheren Anteil mehligter Körner auch die N-Gehalte in diesen mehligten Körnern niedriger sind, bedingt durch eine schlechtere N-Versorgung der Pflanzen.

Die Frage, inwieweit die Beeinflussung der Kornstruktur und des Rohproteingehaltes durch erhöhte 3. N-Gaben in allen Körnern einheitlich ist, kann folgendermaßen beantwortet werden: Die gefundenen Untersuchungsergebnisse lassen deutlich erkennen, wie sich in Abhängigkeit von steigenden Spät-N-Gaben die Relationen von mehligten:marmorierten:glasigen Körnern zugunsten der letztgenannten verschieben. Aus der Tatsache, daß aber selbst bei N-Gaben zum Zeitpunkt des Ährenschiebens in Höhe von 100 kg/ha N noch mehligte Körner vorhanden sind, ist zu entnehmen, daß die Veränderungen nicht alle Körner einheitlich betrifft, wenn auch die Rohproteingehalte selbst in den mehligten Körnern in geringem Maße ansteigen.

Als mögliche Erklärung dieser zumindest nach Ausmaß nicht einheitlichen Beeinflussung aller Körner durch zusätzliche N-Gaben sei hier eine Arbeit von TIETZE (1970) erwähnt. Genannter Autor untersuchte die äußere Kornbeschaffenheit, d. h. Größe und Gewicht und den Rohproteingehalt

einzelner Körner in Abhängigkeit vom Sitz in der Ähre. Er fand in der Mitte der Ähre hohe Kornzahlen (je Ährchen) mit hohen Einzelkornge-
wichten vereint. Hier tritt also keine Kompensation zwischen diesen beiden
Größen auf, was durch eine beginnende Differenzierung des Ährenkegels
etwas unterhalb der Ährenmitte begründet wird. Das TKG in der Spitze
blieb deutlich niedriger als in der Basis und Mitte der Ähre. Auch die Roh-
proteingehalte waren in den Körnern der Ährenspitze am niedrigsten, wäh-
rend die Höchstwerte etwas unterhalb der Ährenmitte zu finden waren.
Durch spezielle Versuche - zum einen wurden die Blüten aus dem Ähren-
mittelstück entfernt, zum anderen an der Ährenbasis und an der Spitze -
wird deutlich, daß die Einlagerung von Eiweiß und Stärke (Korngewicht)
in die Spitzenkörner in gleichem Ausmaß wie in die Mittelkörner unab-
hängig von der Sorte physiologisch möglich ist, aber in der intakten Ähre
zumeist durch das Übergewicht der Mittelährchen beeinträchtigt wird
(Konkurrenz).

Die in der Ährenmitte angelegten Ährchen und Körner werden also ein-
deutig in ihrer N-Versorgung bevorzugt bei gleichzeitig erhöhter Anzahl
der Stromata/mm² bei den Hüll- und besonders bei den Deckspelzen
der in der Ährenmitte inserierten Karyopsen, was sich sowohl in einem
größeren TKG als auch in einem erhöhten Anteil glasiger Körner und ge-
steigertem Rohproteingehalt im Vergleich mit den Körnern an der Basis
und an der Spitze der Ähre bemerkbar macht.

Ebenfalls überlegen sind die Körner der Ährenmitte denen der Basis und
vor allem der Spitze im Hinblick auf ihre Qualität, ausgedrückt durch den
Sedimentationswert.

Eine Aufgabe für die Züchtung konnte es sein zu untersuchen, inwieweit
es möglich ist, den Abfall der Werte für Rohproteingehalt und Korngewicht
in der Ährenspitze, der eine Verminderung des Eiweißertrages von etwa
3 % ausmachen kann, zu eliminieren.

Beim Vergleich der Nebenhalm- und Haupthalmkörner fand TIETZE (1970) in Bestätigung unserer Untersuchungsergebnisse in den Nebenhalmähren kleinere Körner mit höheren Rohproteingehalten und in den Haupthalmähren größere Körner mit relativ niedrigeren Rohproteingehalten.

Für die Beziehung Rohproteingehalt und Korngröße ermittelte TIETZE eine für alle Sorten, einschließlich zweier russischer Herkünfte, eine charakteristische Kurve, wonach der Rohproteingehalt mit steigender Korngröße bis 2,8 - 3,0 mm abnimmt (Verdünnungseffekt), dann aber wieder ansteigt. Dieser z. T. sehr starke Anstieg des Rohproteingehaltes der Körner 3 mm ist nur schwer zu erklären und könnte durch eine sehr frühe Anlage und Entwicklung und damit bevorzugte Versorgung mit C- und N-Assimilaten begründet sein. Während TIETZE (1970) Untersuchungen einzelner Körner in Abhängigkeit vom Sitz in der Ähre ohne jegliche Angaben über die N-Düngung anstellte, konnten wir (MARANDI 1970) in Untersuchungen der Veränderungen der Kornstrukturen (Größe und Glasigkeit) und des Rohproteingehaltes in den Körnern der Ährenspitze, -mitte oder -basis unter dem Einfluß steigender Spät-N-Gaben folgendes feststellen: Mit steigender N-Spätüngung nimmt die Anzahl der glasigen Körner in der gesamten Ähre auf Kosten der mehlig- und marmorierten zu. Innerhalb der Ähre sind die Veränderungen in den Körnern der obersten 6 Ährchen am deutlichsten. Bei fehlender N-Spätgabe finden sich in diesen obereren Ährchen fast aller untersuchten Sorten nur mehlig-ge Körner. Unter dem Einfluß erhöhter N-Spätgaben ist eine sehr starke Abnahme der mehlig-ge Körner zu beobachten, stattdessen nehmen die halb- und dreiviertelglasigen Körner zu. Parallel dazu sind Steigerungen der TKG und des Rohproteingehaltes festzustellen. Die Auswirkungen des Standortes auf die N-bedingten Veränderungen innerhalb der Ähre sind nur gradueller Natur. Im Vergleich zu Nordhessen ergaben sich in Mittel- und Südhessen stärkere Verschiebungen in den Anteilen von mehlig-ge, marmorierten und glasigen Körnern zugunsten der letztgenannten,

während die Rohproteingehalte auf den verschiedenen Standorten keine so großen Differenzen aufweisen. Das könnte wieder einen Beweis dafür darstellen, daß die Mehligkeit bzw. Glasigkeit doch zu einem großen Teil auch von der Geschwindigkeit der Stoffeinlagerung in die Körner, d. h. von der Reifedauer - also vom Standort und von der Jahreswitterung - abhängt.

Zusammenfassend läßt sich zu diesem Problem sagen: Die Körner werden durch steigende N-Spätgaben nicht einheitlich in ihrer äußeren und inneren Beschaffenheit verändert. Bei den angewandten N-Düngermengen bleibt immer eine bevorzugte N-Versorgung der Körner der Mittelährchen bestehen. Versuchen mit sehr hohen N-Spätgaben 100 kg/ha N bleibt es vorbehalten zu untersuchen, wann und ob es überhaupt möglich ist, die Konkurrenz innerhalb der Ähre in bezug auf die N-Versorgung der einzelnen Ährchen weitestgehend auszuschalten.

Auf die Fragen, die sich aus den Differenzen in den Rohproteingehalten der Bohrmehle und Sedimentationsmehle ergeben, soll an dieser Stelle nicht noch einmal näher eingegangen, sondern vielmehr auf die Diskussion des zweiten Gefäßversuches verwiesen werden.

In bezug auf die mikroskopischen Untersuchungen sei noch einmal betont, daß sie keinen Anspruch auf echte quantitative Aussagen erheben, da nicht immer die gleiche Menge Mehl zur Untersuchung kam. Dagegen sind sie sehr wohl als vergleichende Untersuchungen geeignet, zumal ihre Ergebnisse in der Tendenz eindeutig sind. Sie liefern einen Beweis für das zunehmende Vorhandensein äußerer Kornbruchstücke im Sedimentationsmehl in Abhängigkeit von steigender N-Düngung und dadurch erhöhten Rohproteingehalten und Kornhärten und geben damit auch eine Erklärung für die zum Teil großen Differenzen in den Rohproteingehalten der Sedimentationsmehle und Bohrmehle.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

Ergebnisse der Gefäßversuche

1. In den Sandkulturen der ersten Gefäßversuchsreihe werden die Ertrags-optima von den Varianten $0,4 + 0,8 + 0,4$ und $0,8 + 0,4 + 0,4$ g N/Gefäß erreicht (1. N-Gabe bei Vegetationsbeginn, die 2. N-Gabe zu Schoßbeginn und die 3. N-Gabe beim Ährenschieben).
2. Die Höhe der 1. und 2. N-Gaben wirkt sich vorwiegend über die Beeinflussung der Beährung und der Kornzahl je Ähre auf die Höhe des Ertrages aus, während steigende 3. N-Gaben über die Vermehrung der Kornzahl je Ähre bzw. je Ährchen und über die Erhöhung des Tausend-Korn-Gewichtes zu einer Ertragssteigerung beitragen.
3. Der Korn-Ertragsanteil der Nebenthalme am Gesamtertrag steigt von 10 % bei mäßiger N-Versorgung auf 25 % bei guter N-Versorgung an. In den Ertragskomponenten - Einzelährenertrag, Kornzahl je Ähre und TKG - liegen die Nebenthalme deutlich niedriger als die Haupthalme, innerhalb der verschiedenen Haupthalm-Kategorien zeigen die Haupthalme der Kategorie B (Haupthalme mit ährenlosem Nebenhalm) die höchsten Werte.
4. Für die N-Gehalte im Korn sind besonders die 3. N-Gaben ausschlaggebend. Zwischen den Haupt- und Nebenhalmten treten nur geringe Unterschiede im N-Gehalt auf mit dem Trend, daß mit steigender 3. N-Gabe die Korn-N-Gehalte in den Nebenhalmten stärker erhöht werden als in den Haupthalmen. Im N-Gehalt der Haupthalmkörner der verschiedenen Einzelpflanzenkategorien lassen sich keine gesicherten Unterschiede erkennen.
5. Im Stroh liegen die N-Gehalte in den Nebenhalmten - vor allem in den ährenlosen Nebenhalmten - deutlich höher als in den Haupthalmen.
6. Markierte 2. N-Gaben führen im Stroh zu einem höheren ¹⁵N-Anteil am Gesamt-N als im Korn. Dagegen liegen bei markierten 3. N-Gaben

die Werte für den ^{15}N -Gehalt im Korn höher als im Stroh. Neben der vorwiegenden direkten Einlagerung der 3. N-Gabe in das Korn erfolgt auch eine Verdrängung der 1. und 2. N-Gaben durch die 3. N-Gabe in den Wurzeln und im Stroh.

7. Beim Vergleich der ^{15}N -Anteile in den Körnern der Haupt- und Nebenhalm treten nur geringe Unterschiede zugunsten der Körner der ersten bzw. zweiten ährentragenden Nebenhalm bei markierter 3. N-Gabe auf. Bei markierter 2. N-Gabe liegen die ^{15}N -Anteile im Korn der zweiten ährentragenden Nebenhalm niedriger als im Korn der Haupt- und ersten ährentragenden Nebenhalm.
8. Im Stroh treten zum Teil deutliche Unterschiede in den ^{15}N -Gehalten der Haupt- und Nebenhalm auf. Bei niedriger 1. und fehlender 2. N-Gabe - also insgesamt mangelnder N-Versorgung während der Jugendentwicklung - fallen die ersten ährentragenden und die ährenlosen Nebenhalm durch besonders starke Anstiege der ^{15}N -Gehalte aus der markierten 3. N-Gabe auf. Umgekehrt antworten die Haupt- und Nebenhalm bei Verabreichung einer 2. N-Gabe auf die steigende markierte 3. N-Gabe mit einer Abnahme ihrer ^{15}N -Anteile im Stroh.
9. Solange keine Ertragsdepressionen auftreten, haben steigende 1. bzw. 1. und 2. N-Gaben eine positive Wirkung auf den N-Entzug aus der 2. bzw. 3. Gabe.
10. Der durch steigende 2. bzw. 3. N-Gaben erhöhte Entzug durch Korn und Stroh aus der 1. N-Gabe kann - nach Untersuchung der entsprechenden Wurzeln - durch eine Verdrängung des Stickstoffs früherer Gaben durch später folgende in den Wurzeln erklärt werden.
11. Die in einer zweiten Gefäßversuchsreihe gefundenen Ergebnisse der ertragsmorphologischen Untersuchungen und der N-Einlagerungen in die Pflanze bestätigen die hier festgestellten Ergebnisse.

12. Die in einem Kleinmahlversuch erzielte Mehlausbeute nach Absiebung über 150 μ Gaze nimmt mit steigenden N-Gehalten in den Körnern durch erhöhte 3. N-Gaben ab (größerer Griesanfall).
13. Die bei erhöhter 3. N-Gabe verstärkte N- bzw. Rohproteineinlagerung in das Korn bleibt vorwiegend auf das Endosperm beschränkt (etwa gleiche Rohproteingehalte im Restschrot, aber große Differenzen zwischen den Rohproteingehalten in der S_1 -Mahlfraktion).
14. Endospermausbohrungen und mikroskopische Untersuchungen der S_1 -Mahlfraktionen bestätigen frühere Beobachtungen, daß durch die große Splitterfähigkeit der Schale von proteinreichen, harten Körnern vermehrt Teile äußerer Kornschichten mit in das Mehl gelangen.
15. ^{15}N -Bestimmungen in den Mahlfraktionen bestätigen die Beobachtung, daß erhöhte 3. N-Gaben vorwiegend direkt in das Endosperm eingelagert werden.
16. Die vermehrte N-Einlagerung in das Korn bei erhöhter 3. N-Gabe erfolgt fast ausschließlich durch verstärkte Prolamin- und Glutensynthese, wobei das Prolamin bevorzugt gebildet wird. (siehe auch ^{15}N -Untersuchungen).
17. Trotz absoluten Anstiegs aller vier Proteinfaktionen - Albumin, Globulin, Prolamin, Glutenin - von der Mahlfraktion S_1 zur Mahlfraktion Q_{1-3} , zeigt nur das Prolamin auch einen relativen Anstieg.
18. In Abhängigkeit von der Höhe der 3. N-Gabe, ist eine relativ größere Prolamineinlagerung in der S_1 -Fraktion zu beobachten im Vergleich zu den Fraktionen S_{2+3} und Q_{1-3} . Das wird auch durch die ^{15}N -Bestimmungen bestätigt.
19. Grundsätzliche Differenzen zwischen den Untersuchungsergebnissen in Abhängigkeit von der Bodenart (Boden-Sand-Gemisch oder reiner Quarzsand) können nicht festgestellt werden.

Ergebnisse der Feldversuche

20. Unter dem Einfluß gesteigerter N-Spätgaben nimmt das TKG bei den einzelnen Sorten unterschiedlich stark zu.
21. Das Verhältnis der mehligen:marmorierten:glasigen Körnern verändert sich in Abhängigkeit von der erhöhten N-Spätdüngung und von der dadurch bedingten Rohproteinsteigerung zugunsten der glasigen Körner.
22. Der Anteil der mehligen Körner steht auf dem Standort Gießen in einer engen Beziehung zum Rohproteingehalt der entsprechenden Weizenprobe.
23. In bezug auf die Glasigkeit in Abhängigkeit von der N-Düngung verhalten sich die untersuchten Winterweizensorten unterschiedlich. Einige erscheinen bei einem noch relativ niedrigen Rohproteingehalt schon glasig, andere haben bei dem gleichen Rohproteingehalt noch vorwiegend marmorierte Körner.
24. Der Rohproteingehalt in den mehligen Körnern nimmt mit steigender N-Spätdüngung zu, bleibt aber in allen Fällen unter dem Rohproteingehalt der marmorierten Körner. Ebenso steigen die Rohproteingehalte innerhalb der marmorierten Körner bei erhöhter N-Spätdüngung, bleiben aber unter denen der glasigen Körner.
25. Der Einfluß der steigenden N-Spätgabe auf den Rohproteingehalt trifft nicht alle Körner im gleichen Ausmaß. Die Rohproteingehaltssteigerungen in den Gesamtproben werden durch erhöhte Anteile glasiger und marmorierter Körner hervorgerufen.
26. Die absoluten und relativen Rohproteingehaltssteigerungen in Abhängigkeit von erhöhten N-Spätgaben im Ganzkorn und im Bohrmehl sind bei allen Sorten etwa gleich und liegen für das Ganzkorn bei absolut 4 % bzw. relativ 140 (mit Ausnahme der Sorte Jubilar) und für das Bohrmehl bei absolut 3,3 % bzw. relativ 157.

27. Die sortenbedingten z. T. großen Differenzen zwischen den Rohproteingehalten der Sedimentations- und Bohrmehle sind durch vermehrtes Vorhandensein äußerer Kornschichtenanteile in den Sedimentationsmehlen härterer, proteinreicher Weizenproben zurückzuführen. Dies wird auch durch mikroskopische Untersuchungen bestätigt.
28. Die Einlagerung später N-Gaben erfolgt vorwiegend im Endosperm, obwohl die absoluten Rohproteingehaltssteigerungen im Bohrmehl der untersuchten Winterweizensorten geringer sind als im Ganzkorn. Die deutlich stärkeren relativen N-Gehaltszunahmen im Endosperm und die ¹⁵N-Untersuchungen in den Mahlfraktionen liefern Beweise für diese bevorzugte N-Einlagerung im Korninnersten.

LITERATURVERZEICHNIS

- | | | |
|---|------|--|
| ABERHAM, H. | 1961 | Ergebnisse indirekter Backfähigkeitsbestimmungen an österreichischen Weizensorten in Abhängigkeit von N-Düngung. Bodenkultur A <u>12</u> , 4, 292-314 |
| AMBERGER, H. | 1966 | Qualitätsförderung durch Düngung. Ernährungsdienst <u>21</u> , 30, 8-9 |
| AMBERGER, A.,
u. A. PROBST | 1967 | Qualitätsweizenerzeugung in Anbaugemeinschaften, Untersuchungsergebnisse der Förderungsaktion 1965. Bayerisches Landwirtschaftl. Jahrbuch <u>44</u> , 235-239 |
| Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V.,
Getreideausschuß, Unterausschuß, Qualitätsweizen, Detmold | 1969 | Für die Erzeugung von Qualitätsweizen ist es noch nicht zu spät. Die Mühle <u>106</u> , 17, 275-276 |
| ANONYM | 1969 | Deutscher Aufmischweizen - geplant erzeugt. Mühlen-Kurzpost <u>36</u> , 1-2 |
| AUFHAMMER, G. | 1959 | Klebermenge u. Klebergüte des Weizens in ihren Beziehungen zu Qualität und Ertrag unter dem Einfluß der Umwelt. Bayr. Landw. Jahrbuch <u>36</u> , 651-678 |
| AUFHAMMER, G. | 1968 | Zur Qualitätsbeurteilung der deutschen Weizensorten. Die Mühle <u>105</u> , 19, S. 474 |
| BAILEY, HAYES
u. IMMER | 1954 | zitiert nach Neumann und Pelshenke in Brotgetreide und Brot. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg |
| BELGER, U. | 1965 | Untersuchungen über die Wirkung einer Stickstoffspätdüngung auf Kornertrag, Kornmerkmale u. Backqualität einiger Winter- und Sommerweizensorten. Bayr. Landw. Jahrbuch <u>42</u> , 667-701 |

- | | | |
|--|------|---|
| BOOTH u. SHETLAR | 1954 | zitiert nach Neumann und Pelshenke in Brotgetreide und Brot.
Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg |
| BROADBENT, F.E., u.
T. NAKASHIMA. | 1969 | Pflanzenaufnahme u. Nachwirkung von sechs markierten Stickstoffdüngern, zitiert nach E. Zehler
Z. f. Pflanzenernährung u. Bodenkunde <u>122</u> , 68-69 |
| BROUWER, W.,
C. SCHRIMPF
u. T. TAHERI | 1961 | Untersuchungen über die Entwicklung der Ähre und der Bekörnung bei Winterweizen sowie Beeinflussung der Ähre durch verschiedene zeitlich gestaffelte Düngergaben.
Z. f. Acker- u. Pflanzenbau <u>113</u> , 21-40 |
| BUZIMOW, P.A., u.
N.T. AGARKOWA | 1968 | Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Winterweizenkorn.
Nachr. Landwirtschaftswiss. 99-101
zitiert in Z. für Pflanzenernährung und Bodenkunde <u>123</u> , 253-254 (1969) |
| CARR, R.H. | 1938 | Removal of the bran from cereals.
Cereal chemistry <u>15</u> |
| COBB | 1905 | Universal nomenclature of wheat Dept. Agr. N.S. Wales, Misc. Pub. 539 |
| CZAJA, A. Th. | | Mikroskopische Untersuchung der Getreidemahlprodukte und Stärkemehle.
Handbuch der Lebensmittelchemie Band V |
| DAVIDSON, J., und
J. A. Le CLERK | 1923 | Effect of various inorganic nitrogen compounds, applied at different stages of growth on the yield, composition and quality of wheat.
J. Agric. Res. <u>23</u> , 2, 55-58 |
| El GINDY, M.M.,
C.A. LAMB u.
R. C. BURRELL | 1957 | Influence of variety, Fertilizer Treatment, and soil of the Protein Content and Mineral composition of Wheat, Flour, and Flour Fractions.
Cereal chemistry <u>34</u> |

- EWALD, E. 1965 Die Wirkung unterschiedlicher Stickstoffdüngung auf Sommerweizen unter besonderer Berücksichtigung der Kornproteine und der Backqualität. Z. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde 108, 218-232
- EWALD, E., u. G. WENZEL 1967 Einfluß der N-Düngung auf die Eiweißzusammensetzung und den Aminosäuregehalt des Weizenkornes. Qualitas Plantarum et Materiae vegetabiles, Den Haag 14, 98-104
- FAJERSSON, F. 1961 Nitrogen Fertilization and wheat Quality. Agri Hortique Genetica 14, 1-195
- FAJERSSON, F. 1968 Variationen der Qualität des in Schweden geprüften Weizenmaterials aus der Sicht des Züchters. Getreide u. Mehl 18, 7, 53-56
- FISCHBECK, G., u. L. REINER 1969 Standortdifferenzierungen im Proteingehalt des deutschen Weizens. Z. f. Acker- u. Pflanzenbau 129, 225-246
- GASSNER, G. Mikroskopische Untersuchung pflanzlicher Nahrungs- und Genußmittel. 3. Auflage Gustav Fischer-Verlag Stuttgart.
- GÖRLITZ, H., H. KORIAT, G. RINNO u. G. SPECHT 1967 Über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf Rohproteingehalt und -ertrag sowie andere Qualitätseigenschaften der Ernteprodukte. Die Deutsche Landwirtschaft 18, 4, 168-172
- GÜNZEL, G. 1962 Proteinfractionen des Weizenmehles in Abhängigkeit von Herkunft, Sorte und später N-Düngung. Z. Acker- u. Pflanzenbau 114, 325-340
- GÜNZEL, G. 1963 Das Verhalten wertbestimmender Inhaltsstoffe sowie einiger Qualitätsmerkmale von So-Weizen im Verlauf der Kornreife. Getreide u. Mehl 13, 10, 116-119

- | | | |
|---------------|------|---|
| GÜNZEL, G. | 1964 | Proteinanreicherung durch Stickstoffdüngung und deren Wirkung auf verschiedene Qualitätsmerkmale neuerer Winterweizensorten.
Z. Acker- u. Pflanzenbau <u>118</u> , 360-368 |
| GÜNZEL, G. | 1968 | Welche Weizenqualität kann die Landwirtschaft Bayerns erzeugen?
Deutsche Müller-Zeitung <u>66</u> , 18, 457-460, 462-463 |
| GÜNZEL, G. | 1968 | Die Wirkung extrem hoher und später Stickstoffgaben auf die Qualitätsmerkmale ausgewählter Winter- und Sommerweizensorten.
Z. Acker- u. Pflanzenbau <u>128</u> , 93-116 |
| HAASE, G. | 1941 | Untersuchungen über das spezifische Gewicht und seine Beziehungen zu einigen Werteigenschaften. Diss. 1941 |
| HANNA, L. Ph. | 1967 | Der Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag, Ertragsaufbau u. bäckereitechnologische Qualitätseigenschaften einiger Sommer- u. Winterweizensorten.
Diss. Gießen |
| HÄNSEL, H. | 1956 | Entwicklungsrelationen ertragsbildender Organe von Winterweizen (u. Winterroggen) und ihre Bedeutung für Termine zusätzlicher Nährstoff- u. Wassergaben.
Z. Acker- u. Pflanzenbau <u>100</u> , 77-98 |
| HECHT, H. | 1965 | Die Eiweißbestimmung bei Weizeneinzelbeständen.
Bayr. Landw. Jahrbuch <u>42</u> , 425-431 |
| HECHT, H. | 1967 | Die Qualitätsvorherbestimmung von Weizeneinzelbeständen in einem Praxis-Modellfall.
Bayr. Landw. Jahrbuch <u>44</u> , 224-234 |
| HECHT, H. | 1967 | Einflüsse der Praxis auf die Qualitätsvorhersage einzelner Weizenbestände.
Bayr. Landw. Jahrbuch <u>44</u> , 332-346 |

- | | | |
|-------------------------------------|------|--|
| HECHT, H., u.
E. WOLF | 1968 | Die Vorhersage des Sedimentationswertes von reifenden und reifen Weizen. Bayr. Landw. Jahrbuch <u>45</u> , 3, 364 |
| HINTON, J. J. C. | 1947 | The distribution of vitamin B ₁ and nitrogen in the wheat grain. Proceedings of the Royal Society (London) <u>134</u> , 418-429 |
| HOESER, K. | 1956 | Untersuchungen über den Einfluß steigender Stickstoffgaben auf die Backeigenschaft des Weizens. Bayr. Landw. Jahrbuch <u>33</u> , 17-36 |
| HUPPERT | 1969 | Stickstoffdüngung, Kornertag und Eiweißgehalt bei Getreide. Mitteilungen der DLG <u>84</u> , 6. |
| IRVINE, G. N. | 1964 | Über die Mahleigenschaften von kanadischen Durumweizen. Getreide u. Mehl <u>14</u> , 4, 37-39 |
| JAHN-DEESBACH, W. | 1967 | Aktuelle Fragen der Qualitätserzeugung bei Gerste und Weizen. Ergebnisse landwirtschaftlicher Forschung an der Justus Liebig-Universität Gießen Heft 9 |
| JAHN-DEESBACH, W. | 1970 | Neue Qualitätsaspekte für den Getreidebau. Ergebnisse landwirtschaftlicher Forschung an der Justus Liebig-Universität, Gießen Heft XI |
| JAHN-DEESBACH, W., u.
D. WEIPERT | 1965 | Untersuchungen über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag und bäckereitechnologische Qualitätseigenschaften des Weizens. Landwirtschaftl. Forschung <u>18</u> , 132-145 |
| JAHN-DEESBACH, W.,
u. D. WEIPERT | 1966 | Qualitätsverbesserungen beim Backweizen durch Stickstoffdüngung und ihr methodischer Nachweis. Z. Acker- u. Pflanzenbau <u>123</u> , 189-197 |

- JAHN-DEESBACH, W., u. D. WEIPERT 1967 Über einige durch Spätdüngung verursachte Veränderungen im Getreidekorn. Z. Acker- u. Pflanzenbau 125, 211-218
- JAHN-DEESBACH, W., u. H. MAY 1969 Gute Backqualität bei hohen Weizenenerträgen? Mitteilungen der DLG 84, 26, S. 858-u. 860
- JÜRGENS-GSCHWIND, S. 1963 Stickstoff ein Qualitätsfaktor? Mitteilungen der DLG 78, 896-901
- KÖPETZ, L. 1951 Die Bedeutung der Stickstoffdüngung. Bodenkultur 5, 37-42
- KORICKAJA, J. A. 1968 Umwandlungen der Stickstoffdüngung im Boden und ihr Verwertungskoeffizient durch den Sommerweizen in Feldversuchen bei der Anwendung von mit ¹⁵N markierter Düngung. Agrarchemie, 52-61 (1968) Pflanzenernährung u. Bodenkunde 122, S. 168 (1969)
- LINSER, H. 1954 Versuche mit hohen geteilten Stickstoffgaben. Landw. Forschung Sonderheft 6, 105-113
- LINSER, H. 1958 Versuche zur Verbesserung der Qualität von Getreide durch Düngung. Qualitas plantarum et materialium vegetabilis 1, 529-549
- LINSER, H. 1960 Zum Problem der Erzeugung von Qualitätsweizen mit besonderer Berücksichtigung des Eiweißertrages. Qualitas plantarum et materialium vegetabilis 6, 331-336
- LINSER, H. 1960 Einige Arbeiten auf dem Gebiete der Beeinflussung der Weizenqualität durch Düngung. Getreide und Mehl 10, 97-102
- LINSER, H., u. E. PRIMOST 1953 Stickstoffdüngung mit hohen geteilten Gaben II Feldversuche zu Winterweizen. Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde 63, 18-30

- LINSER, H., u.
K. KAINDL 1960 Isotope in der Landwirtschaft.
Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg
S. 225 ff.
- LINSER, H.,
El DAMATY u.
H. KÜHN 1964 Uptake of ^{15}N from a late Application of
Ammonium Nitrat with $^{15}\text{NH}_4$ or $^{15}\text{NO}_3$,
and its Distribution among Protein Frac-
tions in the Kernels of Three Varieties
of Wheat Plants Subjected to Different
Treatments of 2-Chloro-ethyl-trimethyl-
ammonium Chloride.
Atompraxis 10, Heft 8
- MAES, E. 1962 Mehleiweißlöslichkeit und Backqualität
I Der Sedimentationstest nach Zeleny
Getreide u. Mehl 12, 1-3
- MAES, E. 1962 II. Die Löslichkeit in verschiedenen
Lösungsmitteln.
Getreide u. Mehl 12, 19-20
- MAES, E. 1962 III. Kontinuierliche, progressive Extrak-
tion. Getreide u. Mehl 12, 70-72
- MAES, E. 1962 IV. Die progressive Extraktion mit ver-
schiedenen Lösungsmitteln.
Getreide u. Mehl 12, 101-104
- MAES, E. 1963 VI. Die progressive Extraktion von Wei-
zenschrot. Getreide u. Mehl 13, 54-56
- MAES, E. 1963 Korrelationen zwischen Weizen- und Mehl-
eiweißgehalt und zwischen diesen beiden
und dem Klebergehalt.
Die Mühle 100, 15, 157
- MARTIN, K. H. 1968 Der Einfluß von Chlorcholinchlorid (CCC)
auf Ertrag, Ertragsstruktur sowie morpho-
logische und qualitative Eigenschaften
von Getreide bei unterschiedlichen Stick-
stoffgaben.
Z. Acker- u. Pflanzenbau 128, 177-196
- MARANDI, A. H. K. 1970 Untersuchungen über die Qualitätseigen-
schaften der Weizenkörner in Abhängigkeit
vom Sitz in der Ähre bei unterschiedli-
chen Sorten und Umweltbedingungen.
Diplomarbeit, Universität Gießen

- | | | |
|---|------|---|
| MAY, H. | 1970 | Über müllerei- und bäckereitechnologische sowie einige ernährungsphysiologische Qualitätseigenschaften bei Weizen unter dem Einfluß von Sorte und Stickstoff-Spätdüngung.
Diss. Gießen |
| Mc DERMOTT, E. E.,
u. J. PACE | 1960 | Comparison of the Amino-Acid Composition of the Protein in Flour and Endosperm from different Types of wheat, with particular Reference to variation in Lysine content.
Journal of the Science of Food and Agriculture <u>11</u> , 109 |
| MENDEN, E. | 1968 | Qualitätsveränderungen von Backweizen in ernährungsphysiologischer Sicht.
Landw. Forschung, Sonderheft <u>22</u> |
| MICHAEL, G. | 1960 | Untersuchungen über die Eiweißbildung im Getreidekorn unter Verwendung von ^{15}N . Kernenergie <u>3</u> , 862-866 |
| MICHAEL, G., u.
B. BLUME | 1960 | Über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Eiweißzusammensetzung des Gerstenkornes.
Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde <u>88</u> , 237-250 |
| MICHAEL, G.,
H. FAUST u.
B. BLUME | 1960 | Die Verteilung von spät gedüngten ^{15}N in der reifenden Gerstenpflanze unter besonderer Berücksichtigung der Korneiweiße.
Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde <u>91</u> |
| MICHAEL, G., u.
H. FAUST | 1961 | Die Eiweißbildung im Getreidekorn in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung.
Getreide u. Mehl <u>11</u> , 8, 85-89 |
| MICHAEL, G.,
B. BLUME u.
H. FAUST | 1961 | Die Eiweißqualität von Körnern verschiedener Getreidearten in Abhängigkeit von Stickstoffversorgung und Entwicklungszustand.
Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde <u>92</u> , 106-116 |

- | | | |
|---|------|--|
| MICHAEL, G.,
H. SCHUMACHER u.
H. MARSCHNER | 1965 | Aufnahme von Ammonium- und Nitratstickstoff aus markiertem Ammoniumnitrat und deren Verteilung in der Pflanze. Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, <u>110</u> , 225-238 |
| MORRIS, V.H.,
T.L. ALEXANDER u.
E.J. PASCOE | 1945 | Studies of the composition of the wheat kernel. I. Distribution of ash and protein in center sections. Cereal chemistry <u>22</u> , 361-371 |
| MORRIS, V.H.,
THELMA,
L. ALEXANDER u.
E. D. PASCOE | 1946 | Studies of the composition of the wheat kernel III Distribution of ash and protein in central and peripheral zones of whole kernels. Cereal Chemistry <u>23</u> |
| NERNST, Ch. | 1960 | Analytische Befunde über Protein und Stärke an verschiedenen Mehlfraktionen. Jahresbericht der B.f.G. 1959/60 Detmold |
| NEUMANN, M.P.,u.
P.F. PELSHENKE | 1954 | Brotgetreide und Brot.
Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg |
| OSBORNE, T.B. | 1907 | The proteins of the wheat kernel. Carnegie Inst. Publishing Nr. 84 |
| PFAFF, C. | 1966 | Einige Versuche über den Einfluß der Düngung von Weizen auf seine Qualität. Getreide u. Mehl <u>16</u> , 1, 1-2 |
| PRIMOST, E. | 1956 | Über den Einfluß hoher Stickstoffgaben auf die Qualität verschiedener Weizensorten. Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde <u>74</u> , 42-59 |
| PRIMOST, E. | 1960 | Die Wirkung geteilter N-Gaben auf die Backqualität von Weizen. Qual. plant Materiae veget. <u>6</u> , 355-365 |
| PRIMOST, E. | 1964 | Düngungsmaßnahmen zur Erzielung von Aufmischweizen in Österreich. Getreide u. Mehl <u>14</u> , 1, 6-12 |

- | | | |
|---------------------------------|------|---|
| PRIMOST, E. | 1968 | Der Einfluß von Düngungsmaßnahmen auf die Qualität von Weizen.
Landw. Forschung Sonderheft 22, 149-157 |
| PRIMOST, E. | 1968 | Der Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Einzelfaktoren der Backqualität von Weizen. Müllerei <u>21</u> , 17, 237-239 |
| PRIMOST, E., u.
G. RITTMAYER | 1962 | Die Wirkung der gesteigerten, geteilten Stickstoffgaben auf den Kornertrag, Protein- und Klebergehalt des Winterweizens. Bodenkultur A <u>13</u> , 98-117 |
| PRUGAR, J., u.
A. SASEK | 1968 | Fraktionierung der Weizeneiweiße aufgrund ihrer verschiedenen Löslichkeit. Getreide u. Mehl <u>18</u> , 12, 98-100 |
| PRUGAR, J., u.
A. SASEK | 1969 | Anteil der einzelnen Eiweißfraktionen im Korn der tschechoslowakischen Weizensorten.
Z. f. Pflanzenzüchtung <u>61</u> , 262-269 |
| PRUGAR, J., u.
A. SASEK | 1969 | Der Einfluß des Standortes auf den Anteil der einzelnen Eiweißfraktionen im Weizenkorn.
Z. f. Pflanzenzüchtung <u>61</u> , 270-274 |
| POURSALEH, M. | 1971 | Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig-Universität Gießen, bisher unveröffentlichte Arbeit |
| ROHRLICH, M. | 1968 | Biochemische Faktoren als bestimmende Faktoren für die Backqualität des Weizens. Landw. Forschung Sonderheft <u>21</u> |
| ROHRLICH, M., u.
Ch. NERNST | 1960 | Einfluß steigender Stickstoffgaben auf das Backverhalten des Weizens unter Berücksichtigung der Eiweiß- und Klebereigenschaften.
Qual. plant. Materiae veget. <u>6</u> , 327-330 |
| ROHRLICH, M., u.
R. RASMUS | 1956 | Versuche zur chemischen Differenzierung der Eiweißstoffe des Weizens und Roggens II. Mitt. Untersuchungen über die Aminosäurezusammensetzung der Eiweißstoffe aus Aleuronzellen, Endosperm und Keim von Weizen und Roggen.
Z. Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung <u>103</u> , 2, 89-97 |

- SCHÄFER, B. 1962 Über den Sorten- und Umwelteinfluß auf Qualitätsfaktoren bei Weizen und deren gegenseitige Beziehungen. Z. f. Acker- u. Pflanzenbau 116, 14-38
- SCHÄFER, B. 1963 Über die Umrechnung von Eiweißgehalt im Korn auf den Eiweißgehalt im Mehl und deren jeweilige Umrechnung auf den Feuchtklebergehalt bei Weizen (N-Faktor 6,25). Die Mühle 100, 6, 57
- SCHEFFER, F., u. H. LORENZ 1968 Pool-Aminosäuren während des Wachstums und der Entwicklung einiger Weizensorten. Der Einfluß unterschiedlicher Spätdüngung auf "die Poolbildung" im jungen Korn und auf die Samenproteinsynthese. Landw. Forschung 21, 326-349
- SCHORMÜLLER, J. 1961 Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg
- SCHUMACHER, H. 1964 Untersuchungen über die Aufnahme von markiertem Ammonium- und Nitratstickstoff durch verschiedene Pflanzen unter Verwendung der spektroskopischen ¹⁵N-Bestimmungsmethode. Diss. Hohenheim.
- SCHUPHAN, W. 1963 Beziehungen zwischen Eiweißqualität und Backeigenschaften des Weizens in Abhängigkeit von der Düngung. Qual. plant. Mater. veget. 9, 165-186
- SCHWARZE, P. 1967 Über die Variabilität der Zusammensetzung des Eiweißkomplexes von Weizensorten und die Beziehung der einzelnen Komponenten zum Sedimentationstest. Z. f. Pflanzenzüchtung 58, 58-72
- SEIBEL, W. 1969 Getreidewirtschaft im Jahr 2000. Mitteilungen der DLG 84, 12, 361-362, 394-395

- | | | |
|---|------|---|
| SELKE, W. | 1938 | Neue Möglichkeiten einer verstärkten N-Düngung zu Getreide.
Z. f. Bodenkunde u. Pflanzenernährung <u>9</u> , 506-535 |
| SELKE, W. | 1938 | Erhöhung der Backfähigkeit und der Eiweißherzeugung des Getreides durch Stickstoffdüngung.
Fortschr. Landw. chem. Forschung Forschungsdienst, Sonderheft <u>11</u> , 225-236 |
| SELKE, W. | 1941 | Die Wirkung zusätzlicher später Stickstoffgaben auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte.
Z. f. Bodenkunde u. Pflanzenernährung <u>20</u> , 1-49 |
| SELKE, W. | 1956 | Der Einfluß der zusätzlichen späten Stickstoffdüngung des Getreides auf Qualität und Ertrag der Ernteprodukte.
Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Sitzungsberichte Band V |
| SELKE, W. | 1959 | Die zusätzliche späte Stickstoffdüngung, ein Mittel zur weiteren Steigerung von Ertrag und Qualität des Getreides.
Die Deutsche Landwirtschaft <u>10</u> , 191-197 |
| SELKE, W. | 1964 | Erhöhung von Quantität und Qualität der Getreideproduktion durch zusätzliche späte Stickstoffdüngung.
Die Deutsche Landwirtschaft <u>15</u> , 224-226 |
| SELKE, W., u.
H. GÖRLITZ | 1962 | Über den Einfluß des Zeitpunktes der zusätzlichen späten Stickstoffdüngung auf Kornertrag und Rohproteingehalt des Getreides, sowie die Möglichkeit ihrer maschinellen Durchführung.
Z. f. Landw. Versuchs- u. Untersuchungswesen <u>8</u> , 279-296 |
| STEIGER, R.,
E. PRIMOST u.
G. RITTMAYER | 1963 | Backversuche mit Weizen aus Versuchen mit hohen geteilten Stickstoffgaben.
Die Bodenkultur <u>14</u> , 118-128 |

- | | | |
|--|------|---|
| STEVENS, D. J.,
Mc. DERMOTT u.
J. PACE | 1963 | Isolation of endosperm protein and aleurone cell contents from wheat and determination of their amino-acid composition.
Journal of the Science of Food and Agriculture <u>14</u> , 284-287 |
| STURM, H., u.
F. FINK | 1964 | Stickstoff-Spättdüngung im Qualitätsweizenanbau.
Mitteilungen der DLG <u>18</u> , 616-621 |
| VÖLKER, L. | 1960 | Über den Einfluß einer späten zusätzlichen Stickstoffdüngung auf den Gehalt einiger Aminosäuren im Getreideeiweiß.
Landw. Forschung <u>13</u> , 307-316 |
| VÖLKER, L. | 1962 | Über den Einfluß der späten zusätzlichen Stickstoffdüngung auf die Eiweißzusammensetzung bei Getreide.
Getreide und Mehl <u>12</u> , 33-36 |
| WEIGERT, J., u.
H. SCHAEFFLER | 1942 | Ergebnisse von zweijährigen Feldversuchen über den Einfluß von zusätzlicher später Stickstoffdüngung auf Ertrag und Qualität bei Sommerweizen, Sommergerste und Hafer.
Z. f. Bodenkunde u. Pflanzenernährung <u>26</u> , 151-180 |
| WEIPERT, D. | 1964 | Einfluß der Stickstoffdüngung auf Entwicklung, Ertragsbildung und Backeigenschaften einiger Winter- und Sommerweizensorten. Diss. Gießen |
| WAGNER, P. | 1900 | Kurze Anleitung zur rationellen Stickstoffdüngung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Chilesalpeters.
Verlag Paul Parey, Berlin S. 30 |
| TIETZE, U. | 1970 | Untersuchungen zur Gliederung der Weizenähre und der damit zusammenhängenden Kornbeschaffenheit.
Z. f. Acker- und Pflanzenbau <u>132</u> , 85-106 |

Zum Abschluß dieser Arbeit möchte ich meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. W. JAHN-DEESBACH für die Überlassung des Themas, das stets entgegengebrachte Interesse, die sehr aufschlußreichen Diskussionen, die vielen wertvollen Anregungen sowie seine ständige Hilfsbereitschaft bei der Fertigstellung dieser Arbeit meinen herzlichen Dank aussprechen.

Ferner möchte ich mich bei allen Damen und Herren des Versuchsfeldes Gießen und des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig-Universität für die Durchführung der Vegetationsversuche bedanken.

Herrn Dr. G. DÖLL bin ich für die ¹⁵N-Bestimmungen zu großem Dank verpflichtet.

Außerdem gilt mein Dank den Damen und Herren der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung in Detmold für die Durchführung der Kleinmahlversuche.

LEBENSLAUF

Am 24. 9. 1942 wurde ich als drittes Kind des Landwirts Wilhelm Fuhrmann und dessen Ehefrau Gertrud geb. Hohmann in Kassel geboren. Die Volksschule besuchte ich von 1947 bis 1953 in meinem Heimatort Gleichen Kreis Fritzlar-Homberg. Anschließend wechselte ich zur Ursulinenschule, Realgymnasium für Mädchen, in Fritzlar über. Mein Abitur legte ich am 26. 2. 1962 an der König-Heinrich-Schule in Fritzlar ab. Vom 5. 4. 1962 bis zum 22. 3. 1963 besuchte ich dann die Unterklasse der Landfrauen-schule Bad Weilbach. Meine Lehre vom 15. 4. 1963 bis zum 15. 4. 1964 im Lehrhaushalt von Frau Irmgard Sandhäger in Volkmarsen/Kreis Wolfhagen beendete ich im Frühjahr 1964 mit der Prüfung zur ländlichen Hauswirtschaftsgehilfin. Im Sommersemester 1964 begann ich an der Justus Liebig-Universität Gießen mit dem Studium der Hauswirtschafts- und Ernährungswissenschaften und legte im April 1968 die Diplomprüfung (Fachrichtung Ernährungswissenschaft) ab. Das erste Staatsexamen für das Lehramt an Berufsschulen, Fachschulen und Höheren Fachschulen bestand ich am 11. 7. 1968.

Seit Oktober 1968 bin ich als Doktorand bei Prof. Dr. W. Jahn-Deesbach mit der Fertigstellung der hier vorliegenden Dissertation beschäftigt.

